PLUTONITE IN ESPIRITO SANTO

Geochemische Untersuchungen an Intrusivkomplexen des Brasiliano im Küstengürtel von Espirito Santo/Brasilien

Heinrich A. Horn

Plutonite in Espirito Santo

Geochemische Untersuchungen an Intrusivkomplexen des Brasiliano im Küstengürtel von Espirito Santo/Brasilien

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung des Doktorgrades

der

Fakultät für Geowissenschaften

der

Ludwig-Maximilians-Universität

München

Vorgelegt von

Heinrich A. Horn

München 1986

1. Berichterstatter: Prof. Dr. K. Weber-Diefenbach
2. Berichterstatter: Prof. Dr. G. Propach
Tag der mündlichen Prüfung: 2. 3.1987

Meinem Sohn Andre
Meiner Frau Heloiza
Meinen Eltern

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41554629_0011

Danksagung

Mein Lehrer Prof. Dr. Klaus Weber-Diefenbach vergab die Arbeit und betreute mich bei allen auftretenden Problemen. Er war jederzeit zu Diskussion und Hilfestellung bereit. Seine Erfahrung und wertvollen Ratschläge trugen sehr zur Entstehung der Arbeit bei.

Herr Akad. Oberrat Dr. Bernd Lammerer half mir viel durch seine Gesprächsbereitschaft und sein stetes Interesse an den auftretenden Feldproblemen.

Frau Dr. Cristina Wiedemann von der UFRJ bewältigte mit uns die anfänglichen Probleme mit der Logistik und dem Gelände und stand uns danach jederzeit mit Rat zur Seite.

Herr Prof. Dr. Wernick gab wertvolle Hinweise und stellte seine Erfahrung zur Verfügung.

Herr Werner Topitsch war immer zu Diskussion und Zusammenarbeit bereit.

Meine Mitdoktoranden in Brasilien Herr Peter Bayer und Herr Robert Schmidt-Thome haben durch Diskussion und enge Zusammenarbeit zur Durchführung beigetragen.

Die Diplomanden Christoph Töpfner, Fred Petrick, Peter Jaffe und Rüdiger Neumann überließen mir freundlicherweise ihre neuesten Geländedaten der Intrusion von Venda Nova/Espirito Santo.

Angstellte und Diplomanden des Institutes halfen bei Bilderstellung und Korrektur.

Ohne die finanzielle Hilfe des DAAD und der DFG wäre diese Arbeit nie zustandegekommen.

Bei Problemen der Datenverarbeitung waren die Betreuer am Leibnitz-Rechenzentrum stets hilfsbereit.

Die Uranbestimmung wurde vom Nuklearlabor der Nuclebras in Brasilien durchgeführt.

Bei der Fe++-Bestimmung halfen die Mitarbeiter des Chemielabors des petrographischen Institutes.

Herr Bausbach, Herr Magori und Herr Peperny stellten Rechner zur Verfügung und halfen mir bei der Drucklegung.

Die Einwohner von Alegre machten mit ihrer Hilfsbereitschaft und Freundlichkeit den Aufenthalt zu einem unvergessenen Erlebnis.

Nicht zuletzt meine Frau Heloiza die mir bei der Geländearbeit und bei der Ausfertigung zur Seite stand und die oft schwierige Zeit zu überwinden half.

Ihnen allen sei herzlich gedankt.

Inhalt

1.	Zusammenfassung
2.	Einführung
2.1.	Regionale Geologie
2.1.1.	Complexo Juiz de Fora
2.1.2.	Complexo Costeiro
2.1.3.	Complexo Alegre
2.2.	Deformationsgeschichte
3.	Durchgeführte Arbeiten
4.	Methodik
4.1.	Geochemie
4.1.1.	Vorarbeiten
4.1.2.	Analytik
4.2.	Datenverarbeitung
5.	Ergebnisse
5.1.	Probenveränderungen
5.2.	Vergneister Granit-Granodiorit
5.2.1.	Geochemie des Granit-Granodiorit-Gneises
5.2.1. 1.	Variationsdiagramme gegen SiO2
5.2.1. 2.	K-M-N-Darstellung
5.2.1. 3.	Na2O-CaO-K2O-Dreieck
5.2.1. 4.	Ba-Rb-Sr-Dreieck
5.2.1. 5.	R1-R2-Darstellung
5.2.2.	Diskussion
5.3.	Intrusionen von Sta. Angelica, Castelo und Venda Nova
5.3.1.	Dioritisch-gabbroide Gesteine
5.3.1. 1.	Grobkörniger Dioritgabbro
5.3.1. 2.	Feinkörniger Dioritgabbro
5.3.2.	Intermediäre Gesteine
5.3.2. 1.	Granodioritisch-dioritische Mischgesteine
5.3.2. 2.	Syenomonzonit
5.3.3.	Saure Gesteinsabfolge
5.3.3. 1.	Granit 1
5.3.3. 2.	Granit 2
5.3.4.	Weitere Gesteine
5.3.4. 1.	Saure Ganggesteine
5.3.4. 2.	Basische Ganggesteine
5.3.4. 3.	Einschlüsse

5.3.5. Geochemie der Intrusionskörper
5.3.5. 1. Variationsdiagramme
5.3.5. 2. E-Wert-Diagramm
5.3.5. 3. AFM-Dreieck
5.3.5. 4. K-M-N-Dreieck
5.3.5. 5. Na2O-CaO-K2O-Dreieck
5.3.5. 6. Ba-Rb-Sr-Dreieck
5.3.5. 7. R1-R2-Diagramm
5.3.5. 8. Rb-Sr- und Rb-Ba-Diagramm
5.3.5. 9. AF-Q-Pl-Dreieck
5.3.5.10. D.I.-c-di-Diagramm
5.3.6. Profile durch die Intrusionen
5.3.6. 1. Sta. Angelica
5.3.6. 2. Castelo
5.3.6. 3. Venda Nova
5.3.7. Spezialprofile
5.3.7. 1. Beschreibung
5.3.7. 2. Auswertung der chemischen Daten der Profile
5.3.8. Zusammenfassung der geochemischen Ergebnisse

5.4. Statistische Auswertung der geochemischen Analysendaten
5.4.1. Histogrammverteilungen
5.4.1. 1. Elementhistogramme
5.4.1. 2. D.I.- und normative Plagioklas-Verteilungen
5.4.2. Diskriminanzanalyse
5.4.3. Faktoranalyse
5.4.4. Clusteranalyse
5.4.4. 1. Variablencluster
5.4.4. 2. Fällecluster
5.4.5. Zusammenfassung der statistischen Ergebnisse

6. Diskussion und Genesemodell

7. Literaturverzeichnis

8. Anhang
8.1. Tabelle der Analysendaten

1. ZUSAMMENFASSUNG

Der brasilianische Küsten-Mobile-Belt in Espirito Santo beinhaltet archaische bis oberproterozoische Einheiten, welche durch tektonische und thermale Ereignisse in Gneise, Migmatite und granulitfazielle Gesteine umgewandelt wurden.

Zu Beginn des Brasiliano-Ereignisses (680-450Ma, HASUI et al. 1967, 1984), dem mehrere amphibolitfazielle Phasen zugeordnet werden, entstanden in manchen Bereichen großflächig granitische bis granodioritische Schmelzen und Teilschmelzen, unter Beteiligung von Paragesteinen. Diese Schmelzen intrudierten lokal Gesteine des Complexo Alegre.

Dieses gleichkörnige, heute als Gneis (Granit-Granodiorit-Gneis) vorliegende Gestein ist subalkalisch und aufgrund der mineralogischen Zusammensetzung, der geochemischen Daten und der tektonischen Gegebenheiten als S-Typ im System nach PITCHER (1983) einzuordnen.

Gegen Ende des Zyklus begann der Aufstieg und die Platznahme basisch-intermediärer und saurer Magmen unter Ausbildung zahlreicher konkordanter, polydiapirischer Plutone mit elliptischem Umriß.

Mehrphasige Intrusionsschübe eines basischen alkalien-, titan-, phosphor-, zirkon- und fluidreichen Magmas unter möglicherweise kompressiven Bedingungen in verdickte Kruste werden angenommen.

Wegen dessen höherer Temperatur schmolz das Nebengestein (Granulite, Migmatite, Gneise) entlang des Aufstiegskanals teilweise oder vollständig auf.

Kontaminierung durch Unterkrustengesteine wird vermutet und drückt sich in der Entwicklung der Spurenelementgehalte aus. Die basischen Gesteine folgen einem kalk-alkalischen Trend.

Je nach Zusammensetzung des Ausgangsgesteins, des Kontaminierungs- und des Fraktionierungsgrades entstanden dabei subalkalische, Subsolvus-Granite unterschiedlicher Komposition.

Leicht gekrümmte bis gerade Trends in den Variationsdiagrammen weisen auf Fraktionierung und Magmenmischung hin.

Eine Besetzungslücke zwischen 62 und 64% SiO_2 in den Variationsdiagrammen deutet auf die zwei Gesteinsfamilien und deren unvollständige, inhomogene Durchmischung hin.

Spurenelementverteilungen und die Lage im R1-R2-Diagramm (nach DE LA ROCHE 1980) weisen diese Granite als "within-plate"- und "collision"-Gesteine aus.

Durch die feldgeologischen, petrographischen und geochemischen Daten lassen sich folgende Genese-Prozesse belegen:

- Fraktionierte Differentiation des Dioritgabbros
- Kontamination des Dioritgabbros beim Aufstieg
- Fraktionierte Aufschmelzung von Nebengestein zu Graniten
- Magmenmischung zu intermediären Gesteinen (mushy-mushy, mushy-liquid und untergeordnet liquid-liquid)
- Diffusionsvorgänge im Festzustand

Vorwiegend mechanische Durchmischung der Magmen sowie untergeordnet "Abschreckung" der basischen Schmelze am kälteren Nebengestein mit anschließender Reinjektion sauren Magmas führten zur Bildung einer breiten Palette an Mischgesteinen.

Abkühlung und Gasverlust der basischen Schmelzen einerseits und Erhöhung der Viskosität der sauren Schmelze andererseits verursachten die Aufrechterhaltung des Zustandes der Durchmischung.

2. EINFÜHRUNG

Das Arbeitsgebiet liegt im südlichen Bereich des brasilianischen Bundesstaates Espirito Santo zwischen dem 20. und 21. südlichen Breitengrad sowie dem 41. und 42. westlichem Längengrad (Abb.2.1).

Die zu bearbeitenden Intrusionskörper (Sta. Angelica, Castelo und Venda Nova) befinden sich alle im oberproterozoischen Complexo Alegre.

Zu untersuchen war der Aufbau der Intrusionskörper, die chemische Gliederung, ihre Genese und Stellung in Bezug zur Entwicklung des brasilianischen Küstengürtels.

Die Geländetätigkeit für diese Untersuchungen wurde 1982/83 durch ein Stipendium des DAAD ermöglicht und in Zusammenarbeit mit der UFRJ durchgeführt.

Parallel zu dieser Arbeit sind eine tektonische Arbeit (BAYER 1987, in Vorb.) und eine petrographische Arbeit (SCHMIDT-THOME 1987, in Vorb.) angefertigt worden.

Die Auswahl des Arbeitsgebietes erfolgte unter Zuhilfenahme der Karten und Beschreibungen des "Projeto Mimoso do Sul" (DNPM 1981) und der Beschreibung im Beiheft der geologischen Karte von Brasilien und der angrenzenden Länder 1:1.000.000 des DNPM (FONSECA et al. 1979).

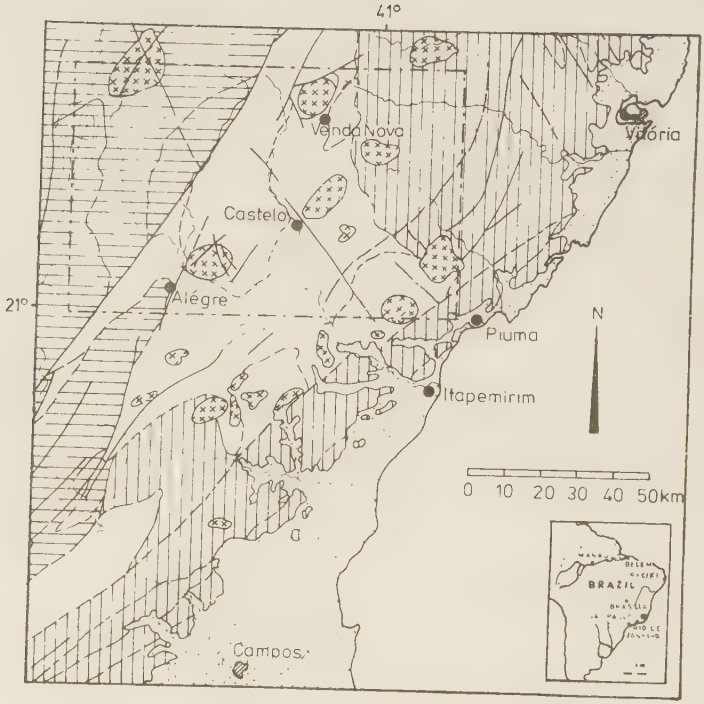


Abb. 2.1: Lage des Arbeitsgebietes im Küstengürtel von Espirito Santo (Geologische Karte nach FONSECA et al. 1979) modifiziert

Das Arbeitsgebiet ist gestrichelt umrandet.

Intrusionen:
Complexo Alegre:
Complexo Juiz de Fora:
Complexo Costeiro:

Die kleine Karte gibt die geographische Lage des Arbeitsgebietes im östlichen Südamerika wieder.

2.1. REGIONALE GEOLOGIE

Der Südteil Espirito Santos gehört der Mantiqueira-Provinz an.
Auf den geologischen Karten des Maßstabs 1:2,500,000 und 1:1,000,000 von SCHOBBENHAUS und ALMEIDA (1984) und FONSECA et al. (1979) werden in diesem Gebiet drei Hauptkomplexe unterschieden, die in etwa parallel zur Küste verlaufen (Abb. 2.1 und 2.2).

Der Complexo Juiz de Fora im Westen und der Complexo Costeiro im Osten (Bezeichnung nach HASUI und OLIVEIRA 1967, HASUI et al. 1984, HASUI 1982, FONSECA et al. 1979) enthalten archaische und unterproterozoische Gesteine in Granulitfazies neben Migmatiten und migmatischen Gneisen.

Zwischen diesen befindet sich der von uns als Complexo Alegre (BAYER et al. 1985) bezeichnete Bereich. Er ist charakterisiert durch die Beteiligung einer suprakrustalen Gesteinsabfolge in Amphibolitfazies (Abb. 2.1 und 2.2).
Dieser Komplex wird in neueren Arbeiten (FONSECA et al. 1979, HASUI und OLIVEIRA 1967, HASUI et al. 1984) mit dem oberproterozoischen Complexo Embu des Grupo Acungui parallelisiert.

Im Bericht des PROJETO RADAMBRASIL (1983) wird das Vorkommen des Complexo Juiz de Fora auf einige Faltenkerne (Antiklinalen) beschränkt. Der Bereich des Arbeitsgebietes wird dort dem Complexo Paraiba do Sul zugerechnet.

Da diese Neugliederung nicht unumstritten ist und für die Problemstellung dieser Arbeit keine Rolle spielt, wird die alte Einteilung beibehalten.

Während des Brasiliano-Ereignisses (680-450Ma; ALMEIDA und HASUI 1984) ist das bereits polymetamorphe Basement erneut deformiert und metamorphosiert worden.

Vor (nach dem Urucuano 1050±150Ma; HASUI et al. 1967, 1984) und während dieser Metamorphose wurden der Complexo Alegre, untergeordnet auch die Randzonen der benachbarten Komplexe (Complexo Juiz de Fora, Complexo Costeiro), während des Altpaläozoikums (BESANG et al.1977) von zahlreichen Plutonen spät- bis postkinematisch intrudiert.
Eine Gliederung dieser Intrusionskörper in eine saure und eine basische Gesteinsfamilie ist bisher nur im Complexo Alegre beobachtet worden.

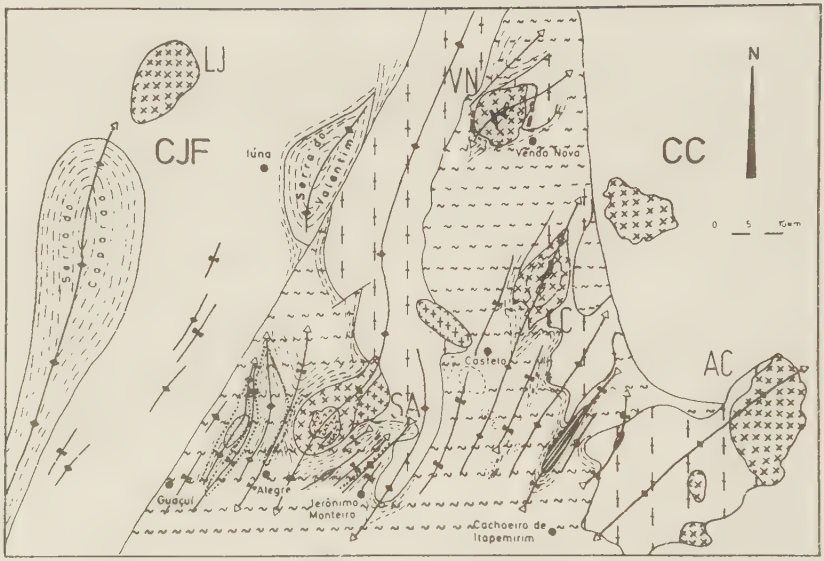


Abb.2.2: Geologische Karte des bearbeiteten Bereiches mit den drei untersuchten Intrusionskörpern. (verändert nach BAYER et al. 1986)

Complexo Juiz de Fora: CJF
Complexo Costeiro: CC
Complexo Alegre:

Intrusionen von Santa Angelica (SA), Castelo (C) Venda Nova (VN), Lajinha (LJ) und Alfredo Chaves (AC)

Granit-Granodiorit-Gneis:
Granit:
Basische Gesteine:
Bereiche mit Granit 2-Gängen und -apophysen:

2.1.1. Complexo Juiz de Fora

Die granulitfaziellen Gesteine des Complexo Juiz de Fora zeigen im Bereich der Caparao-Antiklinale feine Bänderung im Zentimeterbereich. Sie sind vorwiegend von dunkler Farbe und sehr feinkörnig bis dicht. Makroskopisch sind nur Granat-, Pyroxen- und Feldspatporphyroblasten erkennbar, die Größen bis zu 3cm erreichen können, in hellen Bändern auch Diskusquarz.

Im Gebiet östlich davon, zwischen der Caparao-Antiklinale und dem Guacui-Lineament, herrschen gebänderte (Dezimeter-Bereich) Gneise und Migmatite vor. Sie sind von heller Farbe und mittel- bis grobkörnig. In den Leukosomen sind makroskopisch neben Feldspat und Quarz Granatporphyroblasten erkennbar, die Größen von bis zu zwei Zentimeter erreichen können. Mesosome enthalten neben Biotit und Hornblende auch Granat.

Mikroskopisch bearbeitet (SCHMIDT-THOME 1986) wurden bisher nur Gesteine aus der Caparao-Antiklinale.

Basische Gesteine, wie Pyriklasite oder Pyribolite überwiegen; saure Gesteine, wie Plagiogranulite treten seltener auf. Ebenfalls gibt es auch Übergänge zwischen diesen Gesteinstypen.

Das Gefüge der Pyriklasite, Pyribolite und Plagiogranulite ist granoblastisch, mit Granat-, Pyroxen-, Hornblende-, Feldspat- und Sillimanitporphyroklasten.

In Plagiogranuliten und Übergangsgesteinen zu Pyriklasiten und Pyriboliten finden sich Bänder- und Diskusquarze.
Quarz und Feldspäte wurden von späterer Rekristallisation erfaßt.
Deformierte Pyroxene und Sillimanite zeigen undulöse Auslöschung und Subkornbau.

Neben prädeformativ gebildeten Porphyroblasten wurde auch postdeformative Granatbildung beobachtet.

Die Gesteine sind D1- bis D4-verfaltet (BAYER et al. 1986).

Die granulitfazielle Metamorphose wird von HASUI et al. 1984) dem Jequie-Ereignis (2600-2900Ma), nach LEONARDES et al. (1974, 1976) dem transamazonischen Ereignis (1800-2200Ma) und nach ALMEIDA et al. (1976) dem Brasiliano (480-680Ma) zugeordnet (zitiert in HERGESELL 1984).

2.1.2. Complexo Costeiro

Der Complexo Costeiro (nach der Einteilung von HASUI und OLIVEIRA 1967) begrenzt den Complexo Alegre im Osten. Die Gesteine sind ebenfalls granulitfaziell metamorphosiert (HASUI et al. 1984).

Es wechseln Augengneise (Mikroklin-Biotit-Gneise, Plagioklas-Biotit-Gneise, Cordierit-Leptinit-Gneise), Pyroxengneise, Charnockit-Gneise und Granatgneise in bunter Folge ab.
Diese Gesteine werden in vielen Bereichen (z.B.: Vitoria, Piuma, östlich von Cachoeiro de Itapemirim) von Pegmatiten und Apliten durchschlagen.
Cordierit und Sillimanit wurden beobachtet, ebenso Hypersten (LEONARDOS und FYFE 1974, 1976).

COUTINHO (1972) beschreibt Kinzigite und Charnockite aus der Umgebung von Linhares.

Untergeordnet treten Quarzite und vereinzelt amphibolitische und kalksilikatische Einlagerungen auf.

Die Gesteine sind ebenso wie die Gesteine des Complexo Juiz de Fora vielfach verfaltet (AMARAL et al. 1976, CORDANI 1979, ALMEIDA et al. 1984). Diese Deformationen könnten den im Complexo Alegre unterschiedenen Ereignissen (BAYER et al. 1987) entsprechen.

Der Complexo Costeiro ist von zahlreichen spät- bis post-tektonischen Graniten intrudiert (ALMEIDA et al. 1984), in etwa vergleichbar den Graniten, die WERNICK (1980, 1983, 1984) im Staat Sao Paulo beschreibt.
Jedoch fehlen im Gegensatz zu den wesentlich kleineren Intrusionen des Complexo Alegre dort die basischen Kerne.

Altersbestimmungen an Glimmern und Zirkonen weisen auf Aufarbeitung während des Uruacuano und des Brasiliano hin (CORDANI et al. 1979, SIGA et al. 1979).

2.1.3. Complexo Alegre

Der Complexo Alegre umfaßt neben Orthogesteinen eine bunte Serie suprakrustaler Gesteine in Amphibolitfazies.

Gebänderte migmatische Amphibol-Biotitgneise, gelegentlich granatführend, und Migmatite (Abb. 2.3) sind vorwiegend im Gebiet zwischen Jeronimo Monteiro und Alegre anzutreffen. Im Gebiet zwischen Alegre und Guacui herrschen stromatische und phlebitische Migmatite vor.

Amphibolite treten als geringmächtige teils boudinierte Lagen in Gneisen und als Schollen in Migmatiten auf.

Marmor (im Gebiet von Itaoca-Castelo, Cachoeiro d. I. und bei Sao Jose das Torres) bilden linsenförmige Einschaltungen von bis zu mehreren Zehnermetern Längserstreckung.

Quarzite werden bis zu 50m mächtig und sind über Zehnerkilometer im Gelände zu verfolgen. Sie sind häufig mit Kalksilikatfelseinschaltungen (Linsen und Boudins von Dezimeter- bis Metergröße, Abb. 2.4) und kalksilikatischen Gneisen assoziiert. Der SiO_2-Gehalt nimmt vom Rand zum Zentrum dieser Quarzite zu, bei gegenläufigem Feldspatanteil.

Grobkörnige, helle Granit-Granodiorit-Gneise bilden große, homogene Körper mit Ausstrichflächen von einigen hundert Quadratkilometern.

Im Complexo Alegre befinden sich auch die drei untersuchten Intrusivkörper von Sta. Angelica, Castelo und Venda Nova.

Daneben kommen zahlreiche andere Körper (Alfredo Chaves, Alfonso Claudio, Conceicao do Muqui, Rio Novo do Sul, Mimoso do Sul und andere) sowie kleinere intermediäre bis saure Intrusionen in Gängen und Stöcken vor.

Die mafischen Gesteine des Complexo Alegre unterscheiden sich in Textur und Mineralbestand.

Eine Gruppe zeigt ausgeprägte Paralleltextur. Hornblende, die den größten Volumenanteil einnimmt, ist mit ihren Längsachsen parallel zur Schieferung eingeregelt. Sie ist hypidiomorph und poikilitisch mit Quarz verwachsen. Gelegentlich sind Pyroxenrelikte eingeschlossen. Hornblende ist partiell in Biotit umgewandelt.
Plagioklas (And./Olig.) in xenomorpher Ausbildung tritt volumenmäßig zurück.

Eine zweite Gruppe besitzt keine Mineralregelung, feinkörniges bis dichtes Gefüge und tritt vorwiegend in schmalen Linsen oder gangartigen Vorkommen auf (bis 10m Mächtigkeit).

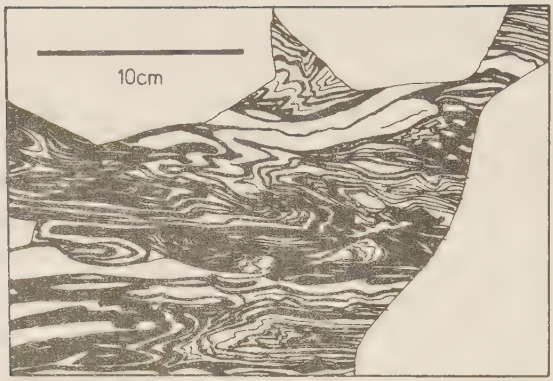


Abb. 2.3: Migmatische Gesteine aus der Umgebung der Sta. Angelica Intrusion.
Es handelt sich um einen eng gebänderten, hochplastisch deformierten Migmatit, der möglicherweise schon durch die Intrusion von Sta. Angelica beeinflußt wurde.

Abb. 2.4: Kalksilikatfels-Einschluß in den Migmatiten.
Teiweise zerbrochen und mitverfaltet.

An einigen Gesteinen des Complexo Alegre wurden geochemische Untersuchungen durchgeführt. Der Pauschalchemismus der Gesteinsgruppen kann den Tabellen 2.1 bis 2.3 entnommen werden.

Untersucht wurden Proben aus der Umgebung aller drei Intrusionen sowie zwischen Mata Fria und dem Guacui-Lineament nördlich der Intrusion von Sta. Angelica und bei Jeronimo Monteiro.

Folgende Probengruppen wurden dabei unterschieden:

- helle migmatische Gneise und Migmatite
- dunkle Anteile der Migmatite (Mesosome)
- dunkles Hornblende-Pyroxen-Gestein
- Quarzite

Die migmatischen Gneise und der Migmatit (Tab. 2.1):
Der kalkulierte Gesamtchemismus variiert zwischen granitisch und granodioritisch. Bei Aufteilung in die zwei Hauptgruppen, helle und dunkle migmatische Gesteine, ergibt sich für die ersteren eine normal- bis alkaligranitische Zusammensetzung und für die melanokraten Gesteine eine intermediäre bis basische Komposition mit Alkalibetonung.

Die Rb/Sr-Verhältnisse (0.33-0.38) weisen auf eine oberkrustale Herkunft und/oder metamorphe Überprägung hin.
Eine weitere Gliederung der Serie in Metasedimente und Metavulkanite wird später versucht.

Das Hornblende-Pyroxen-Gestein (Tab.2.2):
Dieses basischste Gestein des Complexo Alegre (46% SiO_2) zeichnet sich durch hohe CaO-, MgO- und niedrige K_2O-Gehalte aus.

Die anderen LIL-Elementegehalte sind ebenfalls erniedrigt, bei hohem Cr, Ni und V.

Der Rb/Sr-Durchschnitt liegt in der Größenordnung für Unterkruste (0.03-0.09, nach SCHROLL 1967: 0.031).

Die Quarzite (Tab. 2.3):
Neben ihren SiO_2-Gehalten, die zwischen etwa 75% und 98% liegen, zeigen sie in den anderen Hauptelementen stark variierende Zusammensetzung, abhängig vom Feldspatanteil in der genommenen Probe.

Die untersuchten Spurenelemente weisen keine wesentliche Abweichung von den hellen, quarzreichen Migmatitproben auf.

Tabelle 2.1: Durchschnittliche chemische Zusammensetzung der Migmatite und Gneise (n=77).

	helle migmat. Gneise und Leucosome (n=57)					Mesosome (n=20)					Gesamtzusammensetzung der Gneise und Migmatite (n=77)				
	MW	Med	Min	Max	StD	MW	Med	Min	Max	Std	MW	Med	Min	Max	StD
Gew.-%															
SiO_2	71.00	71.20	54.64	91.55	5.70	58.23	58.76	44.94	65.64	8.48	67.66	69.64	44.94	91.55	8.57
Al_2O_3	13.75	14.11	3.21	18.04	2.47	16.10	15.23	13.19	20.56	2.41	14.36	14.39	3.21	20.56	2.64
FeO	2.44	2.13	0.51	5.33	1.28	5.67	4.51	0.95	11.11	3.28	3.28	2.60	0.51	11.11	2.44
Fe_2O_3	0.43	0.38	0.09	0.94	0.23	1.00	0.80	0.17	1.96	3.29	0.58	0.47	0.09	1.96	0.43
MgO	0.99	0.75	0.01	11.72	1.59	3.21	3.36	0.10	8.16	2.49	1.56	0.80	0.01	11.72	2.03
MnO	0.07	0.07	0.01	0.24	0.04	0.14	0.13	0.01	0.29	0.08	0.09	0.08	0.01	0.29	0.06
CaO	2.95	2.46	0.84	18.48	2.40	6.68	5.79	0.60	19.83	4.47	3.92	2.93	0.60	19.83	3.46
Na_2O	2.48	2.54	0.01	4.60	1.10	2.71	2.75	0.69	8.29	1.76	2.54	2.67	0.01	8.29	1.30
K_2O	3.99	4.08	0.50	7.27	1.71	2.62	1.84	0.14	7.21	2.05	3.63	3.81	0.14	7.27	1.89
TiO_2	0.45	0.40	0.02	1.38	0.29	1.13	0.82	0.13	2.35	0.79	0.62	0.47	0.02	2.35	0.55
P_2O_5	0.13	0.11	0.01	0.73	0.15	0.30	0.21	0.01	1.47	0.35	0.18	0.12	0.01	1.47	0.23
GV	0.70	0.55	0.22	3.95	0.58	0.78	0.61	0.23	2.28	0.56	0.72	0.56	0.22	3.95	0.57
Summe	99.38					98.57					99.14				
ppm															
V	57	46	1	165	44	167	108	11	541	159	85	54	1	541	100
Cr	31	27	1	121	25	53	45	1	117	35	37	31	1	121	29
Co	8	6	1	37	7	40	13	5	219	58	17	6	1	219	32
Ni	28	27	1	120	21	31	33	1	58	2019	29	28	1	120	20
Cu	22	20	6	69	11	27	23	12	61	13	24	20	6	69	12
Zn	132	123	56	359	57	120	119	31	219	41	129	122	31	359	55
Ga	22	21	15	31	3	24	22	18	33	4	22	21	15	33	4
Rb	122	118	15	412	63	93	93	8	209	63	115	105	8	412	64
Sr	276	252	8	940	183	437	391	202	1370	268	318	277	8	1370	219
Y	28	25	1	65	15	38	37	2	92	21	31	26	1	92	17
Zr	258	224	35	829	159	372	247	1	1539	374	287	229	1	1539	226
Nb	11	10	1	31	7	18	16	6	28	6	13	12	1	31	7
Ba	811	760	15	2654	533	902	746	1	2432	761	834	760	1	2654	577
Pb	23	20	5	124	17	20	17	6	54	13	22	20	5	124	16
U_2O_3	2	1	1	12	2	2	1	1	4	1	2	1	1	12	2

MW=Mittelwert; Med=Medianwert; Min=kleinster Wert; Max=größter Wert;
StD=Standardabweichung;

Tabelle 2.2: Durchschnittliche chemische Zusammensetzung des dunklen Hornblende-Pyroxen-Gesteins (n=6).

	MW	Med	Min	Max	StD
Gew.-%					
SiO_2	45.77	44.40	43.46	49.60	2.48
Al_2O_3	17.30	16.36	14.30	20.62	2.76
FeO	10.19	9.59	8.45	11.94	1.28
Fe_2O_3	1.80	1.69	1.49	2.11	0.23
MgO	6.16	6.25	4.66	7.29	0.89
MnO	0.22	0.21	0.16	0.34	0.06
CaO	11.22	11.45	7.52	13.84	2.28
Na_2O	2.98	3.41	1.60	3.82	0.93
K_2O	0.73	0.32	0.22	2.40	0.83
TiO_2	1.84	1.58	1.23	2.65	0.58
P_2O_5	0.57	0.36	0.33	1.43	0.43
GV	0.59	0.11	0.08	1.32	0.56
Summe	99.37				
ppm					
V	365	328	298	462	70
Cr	76	33	29	156	53
Co	116	133	34	151	43
Ni	41	19	14	84	30
Cu	35	27	21	61	15
Zn	104	105	80	120	13
Ga	22	24	17	25	3
Rb	17	10	3	61	22
Sr	546	457	283	1146	310
Y	27	21	17	44	11
Zr	130	98	2	307	119
Nb	20	20	17	23	2
Ba	720	594	1	1689	550
Pb	11	9	8	21	5
U_2O_3	1	1	1	1	0

MW=Mittelwert; Med=Medianwert; Min=kleinster Wert; Max=größter Wert; StD=Standardabweichung;

Tabelle 2.3: Durchschnittliche chemische Zusammensetzung der Quarzite (n=8).

	MW	Med	Min	Max	StD
Gew.-%					
SiO_2	89.12	83.91	77.10	98.86	9.90
Al_2O_3	4.28	1.43	0.01	12.09	4.49
FeO	0.57	0.21	0.01	1.29	0.54
Fe_2O_3	0.38	0.13	0.01	0.86	0.36
MgO	0.74	0.13	0.01	3.43	1.34
MnO	0.05	0.03	0.01	0.11	0.04
CaO	2.31	0.62	0.01	7.10	3.16
Na_2O	0.55	0.07	0.01	2.74	1.08
K_2O	0.88	0.14	0.01	4.62	1.83
TiO_2	0.12	0.07	0.01	0.31	0.12
P_2O_5	0.08	0.03	0.01	0.25	0.10
GV	0.86	0.52	0.10	2.78	0.98
Summe	99.94				
ppm					
V	22	26	1	39	17
Cr	34	2	1	122	48
Co	5	4	1	12	4
Ni	38	28	1	108	40
Cu	22	15	1	50	15
Zn	125	137	1	262	106
Ga	16	20	1	27	11
Rb	48	11	1	136	58
Sr	114	116	1	224	72
Y	11	2	1	30	12
Zr	119	145	1	235	97
Nb	6	3	1	20	8
Ba	530	373	1	884	346
Pb	11	8	1	22	9
U_2O_3	2	1	1	4	1

MW=Mittelwert; Med=Medianwert; Min=kleinster Wert; Max=größter Wert; StD=Standardabweichung;

2.2. DEFORMATIONSGESCHICHTE

Im folgenden werden kurz in chronologischer Reihenfolge die von BAYER (in BAYER et al. 1987) im Arbeitsgebiet erkannten Ereignisse dargestellt.

D0:
beinhaltet alle nicht definierbaren Deformationen, welche durch die nachfolgenden Ereignisse ausgelöscht wurden.

D1:
Ist eine Deformation unter hochmetamorphen Bedingungen, die auch verbreitet bis zur Anatexis geführt haben. Gneisbänderung (metamorphe Differentiation), Transversalschieferung und Bänderanatexite sind Zeugen einer kräftigen Durchbewegung unter Ausbildung von Fließstrukturen. Achsen und Bewegungssinn sind bisher nicht zu rekonstruieren.

D2:
Enge bis isoklinale Falten mit ausgeprägter Transversalschieferung. Die Achsenflächen streichen mit 030, stehen saiger oder fallen steil bis mittelsteil nach SE ein. Achsen- und Lineationsrichtung ist ca. 090/60. Eine Rückformung der D3-Deformation ergibt eine breite Streuung der D2-Achsen um NNE und vorwiegend flache Achsenflächen. Im Bereich der Serra do Caparao wurden Bänderquarze und prä-, sowie postkinematische granulitfazielle Granat- und Orthopyroxen-Paragenesen beobachtet.
Zumindest für den Complexo Juiz de Fora sind damit hochmetamorphe Bedingungen während der D2-Deformation nachgewiesen.

I1:
Intrusion granitischer Schmelzen (heute als Granit-Granodiorit-Gneis vorliegend) zeigen bereichsweise D3-Deformation.

D3A:
Westvergente Falten im Zehnermeterbereich. Die Achsenflächen streichen mit ca. 030 und fallen mit 40-60o nach SE ein.
Die Faltenachsen verlaufen mit 030 und tauchen flach bis mittelsteil nach NNE bzw. SSW ab.
Verfaltete Neosome in Gesteinen östlich der Caparao-Antiklinale zeigen starke Variation in der Orientierung der Achsenebenen und Faltenachsen und des Wellenlängen/Amplituden-Verhältnisses.
Nach MCLELLAN (1983) ist dies auf eine Verfaltung der Migmatite in teilgeschmolzenem Zustand zurückzuführen.

D3B:
Die D3-Falten zeigen eine ähnliche Geometrie und Orientierung wie die beschriebenen D2A/D3-Falten und treten im Kilometer- bis Zehnerkilometerbereich auf.
Beispiel für eine D3-Antiklinale ist die Serra do Caparao.

Die strukturell tieferliegenden Gesteine des Complexo Juiz de Fora sind dort exponiert. Die gesamte Antiklinale ist west-vergent überkippt und geschlossen bis eng, zwischen Espera Feliz und Dores do Rio Preto auch isoklinal.
Für den Complexo Paraiba do Sul sind amphibolitfazielle Bedingungen während der D2- und vermutlich während der D3-Deformation anzunehmen.

I2:
Aufstieg der basischen und sauren Magmen und Bildung der komplexen konkordanten Intrusionen von Sta. Angelica, Castelo und Venda Nova.
Die Konkordanz der Intrusionen (die Foliation der Nebengesteine verläuft in einem engen Bereich parallel zum Kontakt) und das Auftreten von "pli-failles", entsprechend den von SIMON et al. (1986) beschriebenen Strukturen, werden als Hinweise auf einen diapirischen Aufstieg im Sinne von MARSH (1982) gedeutet.
Die Ausrichtung der Intrusionslängsachsen in Richtung des regionalen geologischen Trends (NNE-SSW) und die Deformation der Nebengesteine unter Ausbildung von "Tripelpunkten" sind nach JARDIM DE SA (1984) charakteristisch für syntektonische Plutone, die in einem Spannungsfeld intrudierten, das durch "cisalhamento simples transcorrente" erzeugt wurde.

D4:
Flexurartige Deformationen an kleinen aufschiebenden Scherzonen fallen ca. 030/45, die Achsenrichtung ist 300/10.
Die Einengung ist somit senkrecht auf derjenigen, welche die Faltung erzeugt hat.

D5/I3:
Dehnungsphase: Basische, granitische und pegmatitische Gänge durchschlagen die Intrusionen und das Nebengestein.

D6:
Steil einfallende Klüfte mit schräger oder steiler Harnischstriemung deuten auf (schräg-) abschiebende Bewegungen hin.

D7, I4:
Dehnungsphase mit der Intrusion von Basaltgängen, Hebung und spröde Zerstückelung ("Sul-Atlantiano"; Trias bis Kreide; nach SCHOBBENHAUS et al. 1984).

Die tektonische Entwicklung zeigt somit zunächst verschiedene Hochtemperatur-Deformationen an. Eine NNW-ESE-Einengung hält bis in kühler temperierte Zeiten an, wird reaktiviert und setzt neu ein.

Die Bildung und Intrusion der Granit-Granodiorite (Granit-Granodiorit-Gneis) fällt mit dem hochtemperierten Ereignis zusammen. Die Brasiliano-Intrusionen lassen sich einer syn- bis spättektonischen Phase zuordnen.

3. DURCHGEFÜHRTE ARBEITEN

Während eines einjährigen, vom DAAD finanzierten Geländeaufenthaltes (April 1982 - April 1983) wurden folgende Arbeiten durchgeführt:

Geologisch-petrographische Kartierung der Intrusivkörper von Sta. Angelica (in Zusammenarbeit mit P. Bayer und R. Schmidt-Thome), Castelo und Venda Nova im Maßstab 1:50,000 (ca. 300km2).
Geochemische und petrographische Beprobung der Intrusivgesteine und der angrenzenden Nebengesteine (ca. 1000 Proben).

Das dabei gewonnene Proben- und Datenmaterial wurde wie unten beschrieben weiterbehandelt.

Erarbeitung einer geologischen Karte und Profile der Region.

Erstellung der geologischen Karten und Profile der Intrusivkörper von Sta. Angelica, Castelo und Venda Nova.

Aufbereitung von etwa 1000 Proben für die Geochemie (Sägen, Brechen, Mahlen).

Bestimmung der chemischen Zusammensetzung von 575 Proben mit Hilfe der Röntgenfluoreszenzanalyse (Haupt-, Neben- und Spurenelemente) und Neutronenaktivierung (U_2O_3).

Bestimmung des Fe^{++}/Fe^{+++}-Verhältnisses an 90 Proben durch Titration.

Verwendung der Daten zur Berechnung der CIPW- und der Meso-Norm sowie zur Erstellung der bivariaten Diagramme und Tetraederdarstellungen.

Vergleich der gewonnenen Ergebnisse mit Daten der Bank Petros im R1-R2-Diagramm nach DE LA ROCHE et al. (1980) und im Alkali-SiO_2-Diagramm nach COX et al. (1979).

Statistische Auswertung der geochemischen Daten unter Zuhilfenahme von Diskriminanz-, Faktor- und Clusteranalyseverfahren.

4. METHODIK

4.1. GEOCHEMIE

4.1.1. Vorarbeiten

Eine erste Bearbeitung und Aufbereitung der geochemischen Proben erfolgte bereits an der UFRJ in Rio de Janeiro.

Nach Reinigung wurden die Proben vorgebrochen, in einem Schlagwerk zerkleinert, in einem Backenbrecher auf 1 bis 2cm Korngröße gebracht, in einem Probenteiler auf etwa 50-70g heruntergeteilt und verpackt.

50g dieses Materials wurden auf einer Scheibenschwingmühle in einem Widia-Topf analysenfein gemahlen (2.5-3.5min), um eine Korngröße von kleiner als 400mesh (38kA) zu erhalten. Dies ist zur Gewährleistung einer gleichmäßigen und definierten Fluoreszenz der Tablettenoberflächen nötig (HAHN-WEINHEIMER, HIRNER und WEBER-DIEFENBACH 1984).

Zur Bestimmung des Trocknungsverlustes (H2O-) und des Glühverlustes wurden 10g des Materials im Keramiktiegel zuerst 2.5 Stunden bei 110C getrocknet und dann bei 980C 1.5 Stunden geglüht.

4.1.2. Analytik

Die Haupt- und Nebenelementoxide (SiO_2, Al_2O_3, Fe_2O_3, MgO, MnO, CaO, Na_2O, K_2O, TiO_2, P_2O_5) sowie die Spurenelemente (V, Cr, Co, Ni, Cu, Zn, Ga, Rb, Sr, Y, Zr, Nb, Ba, Pb) wurden mittels energiedispersiver Röntgenfluoreszenzanalyse mit einem Gerät der Firma EG&G-Instruments (ORTEC) (Typ Tefa 6111 mit 32k-PDB-11/04 und Floppy-Disk) durchgeführt.

Für die Röntgenfluoreszenzanalyse wurde ein Teil (2g) des geglühten Probenmaterials mit zwei Teilen (4g) $Li_2B_4O_7$ vermischt und bei 1350C im Induktionsofen 3min geschmolzen. Die Meßzeit für die Hauptelemente betrug 100s und für die Spurenelemente 200s.
Jede Probe wurde doppelt gemessen, zur Anregung diente eine Molybdän-Röhre (Hauptelemente: 200mA, 10keV, Meßbereich: 0-10keV, kein Filter; Spurenelemente: 100mA, 45keV, Meßbereich: 0-40keV, Mo-Filter).

In Tabelle 4.1 werden die verwendeten Programme mit den Meßbereichen, dem mittleren apparativen Fehler (~App) sowie der maximalen Probenabweichung in Prozent (c) dargestellt.
Der mittlere apparative Fehler beinhaltet alle instrumentell bedingten Fehler durch elektrische, elektronische und mechanische Instabilitäten (HAHN-WEINHEIMER et al. 1984). Die maximale Probenabweichung in Prozent stellt alle vorkommenden Fehler (apparative und Meßfehler) nach Ausschluß von Extremwerten (s=0.99) dar (Standardabweichung in Prozent).

Tabelle 4.1: Verwendete Programme mit Meßbereich, mittlerem apparativem Fehler und maximaler Probenabweichung in Prozent.

Programm	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	MgO	MnO	CaO	Na_2O	K_2O	TiO_2	P_2O_5
CS 77	49.6-72.3	15.8-38.9	0.46-8.07	0.04-4.60	0.01-0.22	0.22-8.62	0.14-2.58	0.09-5.15	0.01-0.98	0.01-0.25
	0.22	0.16	0.04	0.06	0.003	0.02	0.15	0.02	0.015	0.08
	5%	8%	10%	5%	15%	3%	15%	5%	10%	10%
CS 70	60.0-85.2	7.31-23.0	1.35-11.6	0.03-2.90	0.01-0.33	0.16-9.93	0.08-9.13	0.97-6.50	0.07-2.03	0.01-7.42
	0.12	0.07	0.03	0.06	0.02	0.04	0.14	0.04	0.02	0.04
	5%	5%	8%	7%	8%	5%	2%	3%	8%	5%
CS 61	46.3-64.3	8.27-21.3	5.27-13.3	0.10-13.7	0.01-0.33	0.30-26.2	0.04-9.13	0.20-8.71	0.07-2.69	0.02-2.60
	0.15	0.04	0.03	0.06	0.01	0.06	0.1	0.02	0.01	0.01
	5%	10%	10%	10%	10%	7%	15%	5%	10%	10%
CS 61A	50.5-64.3	11.0-21.3	5.27-13.3	0.10-8.18	0.01-0.33	0.30-26.2	0.04-9.09	0.20-8.71	0.07-2.69	0.02-2.60
	0.13	0.08	0.03	0.06	0.01	0.07	0.11	0.02	0.01	0.02
	5%	7%	9%	10%	10%	4%	12%	4%	6%	10%
CS 41	39.4-60.4	4.14-17.5	5.50-13.6	0.29-25.1	0.10-0.79	2.64-16.6	2.00-8.59	0.10-5.65	0.14-5.10	0.02-5.73
	0.07	0.04	0.02	0.06	0.01	0.02	0.07	0.01	0.01	0.02
	5%	5%	10%	10%	15%	2%	25%	3%	10%	10%
CS 40	23.6-50.5	0.41-12.5	4.73-22.9	5.55-26.3	0.07-0.25	6.55-33.6	0.01-4.70	0.01-3.51	0.03-5.08	0.07-20.0
	0.09	0.06	0.07	0.12	0.03	0.07	0.15	0.02	0.03	0.08
	5%	10%	10%	3%	10%	5%	25%	3%	5%	5%

	V	Cr	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Ba	Pb
CS 10E	4-408	4-246	1-110	4-139	5- 66	9-430	7- 54	6-390	-4692	4-138	9-702	1- 25	-1700	4-136
	10	16	2	4	5	2	1	2	3	1	8	1	26	4
	17%	40%	5%	25%	21%	12%	16%	10%	4%	4%	8%	6%	20%	12%
CS 11	9-410	-4700	9-210	-2310	6-115	9-400	1- 54	1-190	1-972	0- 39	7-250	1- 19	1-385	2- 55
	10	20	5	8	9	4	1	2	1	1	5	1	8	2
	10%	10%	5%	6%	15%	10%	10%	15%	3%	5%	9%	30%	15%	10%

Die verwendeten Programme wurden von WEBER-DIEFENBACH (CS77, CS70, CS61, CS40, CS10E) und von mir selbst (CS61A, CS41, CS11) erstellt.
Zur Thematik der Programmerstellung (Auswahl der Linien, Standards etc.) ist näheres bei WEBER-DIEFENBACH (1979) und HAHN-WEINHEIMER et al. (1984) nachzulesen.

Die Fe++/Fe+++-Verhältnisse eines Teils der Proben (n=90) wurden durch Titration mit Dichromatlösung bestimmt.
Die Titration geschah nach Aufschluß mit HF in der Hitze unter Inertgas (N2) und anschließendem Abschrecken im Eisbad mit einem halbautomatischen Titriergerät der Firma Metrohm (Hanau).

Der Meßfehler ist von der verbrauchten Titrierlösung abhängig und bei einem Verbrauch zwischen 2 und 5ml in Abhängigkeit vom Spritzenvolumens (5ml) und der Ungleichheit des Papiervorschubes am geringsten.

Die U2O3-Bestimmung erfolgte mittels Neutronenaktivierung im Betriebslabor der Nuclebras (Belo Horizonte; Brasilien).

4.2. DATENVERARBEITUNG

Ein einfaches System (Abb. 4.1) zur Verarbeitung der Daten wurde selbst entwickelt.
Die Haupt-, Neben- und die Spurenelemente sowie die Kenndaten zusammen mit den Sonderdaten befinden sich auf eigenen rechtwinkeligen Dateien.

Von diesen Eingabedateien ausgehend, wurde eine zentrale Sammeldatei erstellt, welche in Aufbau und Inhalt eine einfache Weiterverarbeitung sowie gute Kompatibilität zu den am Leibnitz Rechenzentrum fest installierten Programmpaketen gewährleistete.

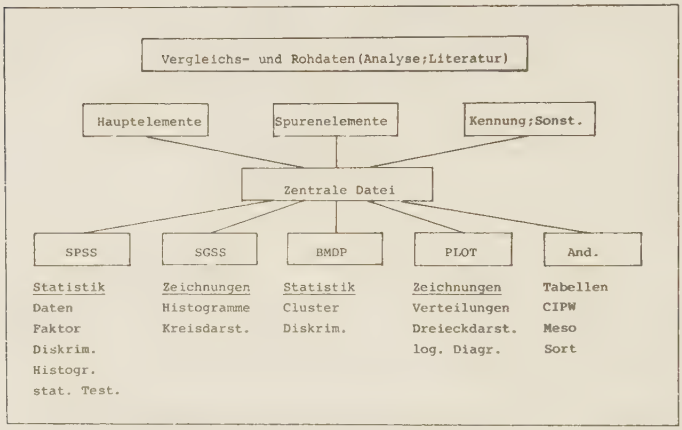


Abb. 4.1: Vereinfachte Darstellung des Aufbaus der Datenverarbeitung.
Weitere Erläuterungen siehe Text.

Zur Anwendung kamen die am Rechenzentrum installierten Programmpakete wie SPSS (BEUTEL et al. 1983) und BMDP (DIXON et al. 1983).
Daneben wurden noch eine Reihe am Institut für Allgemeine und Angewandte Geologie entwickelte und eigene Programme zum Plotten, zur Datenüberprüfung, Tabellenerzeugung sowie zur Berechnung der CIPW-Norm benutzt.

Folgende Verfahren der einzelnen Systeme wurden verwendet:

- SPSS -	- Frequencies -	-Erstellen von Histogrammen -Erstellen von gedruckten, bivariaten Verteilungen -Berechnung von Kenndaten
	- Faktor -	-Faktorenanalyse der Gesteine
	- Discriminant -	-Diskriminanzanalysen der Gesamtdaten und ausgewählter Gruppen
- BMDP -	- P1M -	-Bildung von Variablenclustern
	- P2M -	-Erstellung von Fallclustern
- PLOT -		-bi-, trivariate Zeichnungen -Tetraederdarstellungen -kombinierte Diagramme

Für die Statistikprogrammpakete (SPSS, BMDP) wurde jeweils die Systemdatei erstellt (Abb. 4.2 und 4.3).
Mit SPSS erfolgte die Ermittlung der statistischen Grunddaten, Faktorenanalyse und Diskriminanzanalyse.
Die statistischen Grunddaten wurden mit dem Programm FREQUENCIES (Abb. 4.4) für alle Gesteinstypen und für alle Intrusionen ermittelt.
Für die Faktorenanalyse kam das Programm FACTOR zur Anwendung.

Für die multivariaten Verfahren mußten die Verteilungskurven der einzelnen Elemente an die Normalverteilungskurve angenähert werden. Dies geschieht durch Logarithmieren eines Elementgehaltes, zu dem vorher eine bestimmte Zahl addiert wurde (Tab. 4.2):

$$El' = lg(El+c)$$

Danach liegen Skewneß und Exzeß in zulässigen Bereichen.

Tabelle 4.2: Tabelle der für jedes Element vorgenommenen Rechenoperation

$Si' = lg(SiO_2+3)$	$V' = lg(V+25)$
$Al' = lg(Al_2O_3-10)$	$Cr' = lg(Cr+15)$
$Fe2' = lg(FeO+5)$	$Co' = lg(Co-10)$
$Fe3' = lg(Fe_2O_3+5)$	$Ni' = lg(Ni+15)$
$Mg' = lg(MgO+1)$	$Cu' = lg(Cu)$
$Mn' = lg(MnO+0.055)$	$Zn' = lg(Zn+40)$
$Ca' = lg(CaO+5.5)$	$Ga' = lg(Ga+969)$
$Na' = lg(Na_2O+980)$	$Rb' = lg(Rb+50)$
$K' = lg(K_2O+100)$	$Sr' = lg(Sr+200)$
$Ti' = lg(TiO_2+2)$	$Y' = lg(Y+25)$
$P' = lg(P_2O_5+0.5)$	$Zr' = lg(Zr+200)$
$LOI' = lg(LOI)$	$Nb' = lg(Nb+500)$
	$Ba' = lg(Ba+700)$
	$Pb' = lg(Pb-5)$
	$U' = lg(U_2O_3+0.995)$

```
a       FILE NAME          BRASO
        VARIABLE LIST   NP  GKZ  STR  S1   AL   FE2  FE3  MQ   MR   CA
                        NA   K    TI   P   LOI   Y   CR   CO   NI   CU   ZN
                        GO   RB   SR   V   ZR   NB   GA   PB   U   MSI  NGL
                        NPM  NC   NALK NKA NNGG NTI  NP   NGZ  NAAA NM   NNWW
                        B    C    ORT  AB  AM   PA   PC   NEP  KP   AS   NS
                        KS   CO1  ENL  FL  DC   WO   FN2  FS2  MT   FO1  PT1
                        DI   CS   MT   NM  IL   TN   PF   RU   AP
        INPUT FORMAT    F1.0,F3.0,F4.2,F10.4,
                         8(8F10.4,F1.0,4F1.0,4F10.4)

b       ACCORDING TO YOUR INPUT FORMAT, VARIABLES ARE TO BE READ AS FOLLOWS

        VARIABLE  FORMAT  RECORD   COLUMNS

c       .NP       F 2.     1       1-  2   PA        F10. 4      7    61- 70
        GKZ       F 2.     1       3-  4   PC        F10. 4      8     1- 10
        STR       F10. 4   2       1- 10   NEP       F10. 4      8    11- 20
        S1        F10. 4   2      11- 20   KP        F10. 4      8    21- 30
        AL        F10. 4   2      21- 30   AS        F10. 4      8    31- 40
        FE2       F10. 4   2      31- 40   NS        F10. 4      8    41- 50
        FE3       F10. 4   2      41- 50   KS        F10. 4      8    51- 60
        MQ        F10. 4   2      51- 60   CO1       F10. 4      8    61- 70
        MR        F10. 4   2      61- 70   ENL       F10. 4      9     1- 10
        CA        F10. 4   2      71- 72   FL        F10. 4      9    11- 20
        NA        F10. 4   3       1- 10   DC        F10. 4      9    21- 30
        K         F10. 4   3      11- 20   WO        F10. 4      9    31- 40
        TI        F10. 4   3      21- 30   FN2       F10. 4      9    41- 50
        P         F10. 4   3      31- 40   FS2       F10. 4      9    51- 60
        LOI       F10. 4   3      41- 50   MT        F10. 4      9    61- 70
        Y         F10. 4   3      51- 60   FO1       F10. 4      9    71- 80
        ZR        F10. 4   3      61- 70   PT1       F10. 4      9    81- 90
        CR        F10. 4   3      71- 72   DL        F10. 4     10     1- 10
        CO        F10. 4   4       1- 10   CS        F10. 4     10    11- 20
        NI        F10. 4   4      11- 20   AT        F10. 4     10    21- 30
        CU        F10. 4   4      21- 30   NM        F10. 4     10    31- 40
        ZN        F10. 4   4      31- 40   IL        F10. 4     10    41- 50
        NB        F10. 4   4      41- 50   TN        F10. 4     10    51- 60
        GA        F10. 4   4      51- 60   PF        F10. 4     10    61- 70
        SR        F10. 4   4      61- 70   RU        F10. 4     10    71- 80
        T         F10. 4   4      71- 72   AP        F10. 4     10    81- 90
        ZR        F10. 4   5       1- 10
        NB        F10. 4   5      11- 20
        PB        F10. 4   5      21- 30
        B         F10. 4   5      31- 40
        U         F10. 4   5      41- 50
        MSI       F10. 4   5      51- 60
        NGL       F10. 4   5      61- 70
        NPM       F10. 4   5      71- 80
        NC        F10. 4   6       1- 10
        NALK      F10. 4   6      11- 20
        NKA       F10. 4   6      21- 30
        NNGG      F10. 4   6      31- 40
        NTI       F10. 4   6      41- 50
        NP        F10. 4   6      51- 60
        NGZ       F10. 4   6      61- 70
        NAAA      F10. 4   6      71- 80
        NM        F10. 4   7       1- 10
        NNWW      F10. 4   7      11- 20
        B         F10. 4   7      21- 30
        C         F10. 4   7      31- 40
        ORT       F10. 4   7      41- 50
        AB        F10. 4   7      51- 60
        AM        F10. 4   7      61- 70

        THE INPUT FORMAT PROVIDES FOR   74 VARIABLES.    74 WILL BE READ.
        IT PROVIDES FOR 10 RECORDS (CARDS) PER CASE.
        A MAXIMUM OF    80 COLUMNS ARE USED ON A RECORD.

                          N OF CASES      UNKNOWN

        CPU TIME REQUIRED..        .094 SECONDS

                          SORT CASES        NR,GKZ

                     00065000K CM NEEDED FOR SORT CASES

        END OF FILE ON FILE PRIMVT1
        AFTER READING    547 CASES FROM SUBFILE BRASO

                          SAVE FILE

        DATA COPIED TO SCRATCH FILE

d       A SAVE FILE HAS BEEN GENERATED WITH THESE VARIABLES...

        SEQNUM    SUBFILE   CASEWGT   NR        GKZ       STR       S1        AL        FE2       FE3
        MQ        MR        CA        NA        K         TI        P         LOI       Y         CR
        CO        NI        CU        ZN        NB        GA        SR        ZR        NB        NR
        BA        PB        U         MSI       NGL       NPM       NC        NALK      NKA       NNGG
        NTI       NP        NGZ       NAAA      NM        NNWW      O         C         ORT       AB
        AM        PA        NC        NEP       KP        AS        NS        KS        WO1       ENL
        FS1       DI        WO        FN2       FS2       MT        FO1       PT1       DL        CS
        AT        NM        IL        TN        PF        RU        AP

e                         THE SUBFILES ARE..

                                  NAME      N OF
                                            CASES
                                  BRASO      547

        SPSS FILE BRASO    WAS WRITTEN ON LOCAL FILE BRASO
        ITS SIZE IS        669 DISK PRUS
                      OR    85 TAPE BLOCKS

        CPU TIME REQUIRES..        .294 SECONDS

                          FINISH
```

Abb. 4.2: Programm zur Erstellung der Systemdatei von SPSS
Erklärung der Tabelle:
- a: Variablenliste (Reihenfolge der einzulesenden Kennziffern und Elemente)
- b: Format der Eingabedatei
- c: Listing der einzulesenden Variablen mit ihrer Lokalisierung in der Datei.
- d: Listing des erstellten SPSS-Datenfiles
- e: Ausgabefile-Kennung

a
b
c
d
e

```
BMDP10 - SIMPLE DATA DESCRIPTION AND DATA MANAGEMENT

/PROBLEM
        TITLE='ERSTELLEN DER BMDP-DATEI BM68'.
/INPUT
         VARIABLES=82.   FILE=DATE 4
         FORMAT='(A2,A5,1X,F2.0/,3(8F10.4,/),4F10.4,/,
                /,10X,7F10.4,/,2(8F10.4,/),8F10.0)'.
/VARIABLES
           USE=17 TO 31.                ADD=15.
           NAMES=GB,NR,GRZ,STR,SIO2,AL2O3,FEO,FE2O3,MGO,MNO,CAO,
                 NAO,K2O,TIO2,P2O5,LOI,V,CR,CO,MI,CU,ZN,GA,RB,
                 SR,Y,ZR,NB,BA,PB,U2O3,
              QC,CORT,AB,AN,PL,
              LC,NEP,KP,AC,NS,KS,WO1,EN1,FS1,QI,AC,EN2,FS2,WY,FO1,FY1,
               QL,CS,MT,HM,IL,TU,PF,RU,AP,LV,LCR,LCO,LNI,LCU,
                LZN,LGA,LRB,LSR,LY,LZR,LNB,LBA,LPB,LU2O3.
/TRANSFORM
              LV=LOG(V).
              LCR=LOG(CR).
              LCO=LOG(CO).
              LNI=LOG(NI).
              LCU=LOG(CU).
              LZN=LOG(ZN).
              LGA=LOG(GA).
              LRB=LOG(RB).
              LSR=LOG(SR).
              LY=LOG(Y).
              LZR=LOG(ZR).
              LNB=LOG(NB).
              LBA=LOG(BA).
              LPB=LOG(PB).
              LU2O3=LOG(U2O3).
/SAVE
          FILE=BMDP86.
         CODE=BMDP86.
              NEW.
             UNIT=3.
           DIRECTORY.
/END.
```

INPUT VARIABLES.....

VARIABLE INDEX	NAME	RECORD NO.	COLUMNS BEGIN	COLUMNS END	FIELD WIDTH	TYPE	VARIABLE INDEX	NAME	RECORD NO.	COLUMNS BEGIN	COLUMNS END	FIELD WIDTH	TYPE
1	GB	1	1	2	2	A	32	C	7	11	20	10.4	F
2	NR	1	3	7	5	A	33	C	7	21	30	10.4	F
3	GRZ	1	9	10	2	F	34	CRT	7	31	40	10.4	F
4	STR	2	1	10	10.4	F	35	AB	7	41	50	10.4	F
5	SIO2	2	11	20	10.4	F	36	AN	7	51	60	10.4	F
6	AL2O3	2	21	30	10.4	F	37	PL	7	61	70	10.4	F
7	FEO	2	31	40	10.4	F	38	LC	7	71	80	10.4	F
8	FE2O3	2	41	50	10.4	F	39	NEP	8	1	10	10.4	F
9	MGO	2	51	60	10.4	F	40	KP	8	11	20	10.4	F
10	MNO	2	61	70	10.4	F	41	AC	8	21	30	10.4	F
11	CAO	2	71	80	10.4	F	42	NS	8	31	40	10.4	F
12	NAO	3	1	10	10.4	F	43	KS	8	41	50	10.4	F
13	K2O	3	11	20	10.4	F	44	WO1	8	51	60	10.4	F
14	TIO2	3	21	30	10.4	F	45	EN1	8	61	70	10.4	F
15	P2O5	3	31	40	10.4	F	46	FS1	8	71	80	10.4	F
16	LOI	3	41	50	10.4	F	47	QI	9	1	10	10.4	F
17	V	3	51	60	10.4	F	48	WO	9	11	20	10.4	F
18	CR	3	61	70	10.4	F	49	EN2	9	21	30	10.4	F
19	CO	3	71	80	10.4	F	50	FS2	9	31	40	10.4	F
20	NI	4	1	10	10.4	F	51	HY	9	41	50	10.4	F
21	CU	4	11	20	10.4	F	52	FO1	9	51	60	10.4	F
22	ZN	4	21	30	10.4	F	53	FY1	9	61	70	10.4	F
23	GA	4	31	40	10.4	F	54	OL	9	71	80	10.4	F
24	RB	4	41	50	10.4	F	55	CS	10	1	10	10	F
25	SR	4	51	60	10.4	F	56	MT	10	11	20	10	F
26	Y	4	61	70	10.4	F	57	HM	10	21	30	10	F
27	ZR	4	71	80	10.4	F	58	IL	10	31	40	10	F
28	NB	5	1	10	10.4	F	59	TN	10	41	50	10	F
29	BA	5	11	20	10.4	F	60	PF	10	51	60	10	F
30	PB	5	21	30	10.4	F	61	RU	10	61	70	10	F
31	U2O3	5	31	40	10.4	F	62	AP	10	71	80	10	F

Abb. 4.3: Programm zur Erstellung der Systemdatei für BMDP
a: Kenndaten und Format der einzulesenden Datei
b: Namen der einzulesenden Variablen, deren Verwendung für Berechnungen (use) und neu hinzuzufügende Variablen (add).
c: Berechnungen neuer Variablen.
d: Sichern des BMDP-Datenfiles
e: Listing der einzulesenden Variablen und deren Format.

```
150000 CM MAXIMUM FIELD LENGTH REQUEST

          GET FILE        BRASO

                    FILE BRASO    HAS  78 VARIABLES
                    THE SUBFILES ARE..
                                   N OF
                    NAME         CASES
                    BRASO          547

          PAGESIZE            EJECT
          SELECT IF           (NR GT 3000000 AND LT 4000000)
          *SELECT IF          (GKZ EQ 11)

                .024 SECONDS

          FREQUENCIES       GENERAL=ALL
          OPTIONS             3,7,9
          STATISTICS          1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14

    FREQUENCIES - INITIAL CM ALLOWS FOR  1370 VALUES
                  MAXIMUM CM ALLOWS FOR 11568 VALUES
```

Abb. 4.4: Befehlsdatei zur Ermittlung der statistischen Grunddaten

Von SCHUCHARD-FICHER et al. (1980) wurden für die Anwendung von FACTOR die in Tabelle 4.3 dargestellten Empfehlungen gegeben.

Tabelle 4.3: Tabelle der von SCHUCHARD-FICHER (1980) vorgeschlagenen Parameter

NOTWENDIGE SCHRITTE DER FAKTORENANALYSE	EMPFEHLUNGEN BZW. VORAUSSETZUNGEN
1. Ausgangserhebung	- Daten müssen metrisch skaliert sein (mindestens Intervallskala) - Fallzahl sollte mindestens der dreifachen Variablenzahl entsprechen
2. Erstellen der Ausgangsdatenmatrix	- Standardisierung
3. Errechnen der Korrelationsmatrix	
4. Kommunalitätenschätzung	- Höchster Korrelationskoeffizient der Zeile/Spalte - Bei Verwendung von SPSS Iteration (PA 2)
5. Faktorextraktion	- Mit Tischrechner: Zentroidmethode - Mit DV-Anlage: Hauptachsenanalyse
6. Bestimmung der Faktorenanzahl	- Kaiser-Kriterium
7. Rotation	- Varimax-Kriterium
8. Interpretation	- Höchstens Faktorladungen >0,3 verwenden (Konvention)
9. Bestimmung der Faktorwerte	- Regressionsschätzung

Die Diskriminanzanalyse wurde mit dem Programm DISCRIMINANT durchgeführt.
Mehrere metrisch skalierte werden dabei durch eine nominal skalierte Variable dargestellt.
Der Unterschied zur Clusteranalyse besteht in einer Vorgabe der zu trennenden Gruppen.
Folgende Auswahlkriterien zur sequenziellen Einbeziehung der Variablen können ausgewählt werden:

-WILKS	Gruppenhomogenität und Gruppenunterschied wird zur Trennung herangezogen
-MINRESID -MAHAL	führen zur besten Trennung sehr ähnlicher Gruppen durch Verwendung der kleinsten durchschnittlichen Varianz
-RAO	verhindert die Aufnahme kollinearer unabhängiger Variablen

Bei der Auswahl der Variablen ist darauf zu achten, daß sie keine hohe Korrelation zueinander besitzen.

Mit Verfahren des Programmpaketes BMDP wurden Clusterverteilungen sowohl der Variablen, wie auch der Fälle ermittelt. In Abb. 4.5 ist das Programmschema für Variablencluster und in Abb. 4.6 das für Fällecluster zu ersehen.

Um eine sinnvolle Verwendung der Daten zu ermöglichen, mußten diese aufbereitet werden. Für die Clusteranalysen genügt dabei eine Anpassung der Bereiche durch Logarithmieren der Spurenelementgehalte. Der Zahlenbereich wurde dabei von vier auf zwei Dekaden verkleinert.

P1M: Bei diesem Verfahren wird jede Variable als Cluster betrachtet. Nach einer wählbaren Verknüpfungsregel werden diese Variablen zu Clustern kombiniert, bis nur noch ein einziges übrig bleibt. Das Programmschema ist aus Abb. 4.5 zu entnehmen.

P2M: Mit Hilfe dieses Programmes (Abb. 4.6) werden Cluster von Fällen erstellt, wozu ebenfalls verschiedene Verknüpfungsregeln gewählt werden können.
Bei dem hier verwendeten "pseudo-nearest-neighbour"-Modus bilden jeweils zwei Fälle oder Cluster ein neues Cluster und diese werden nach einem auszuwählenden Distanzmaß (hier: Euklidisches Distanzmaß) solange verknüpft, bis nur noch ein Cluster übrig bleibt.
Bei hohen Variablen- und Fallzahlen reicht der Kernspeicherplatz nur für eine bestimmte Anzahl von Daten.
Bei 15 Variablen und Verwendung des gesamten Kernspeichers (377000CM) können etwa 150 bis 200 Fälle verarbeitet werden.

```
BMDP1M - CLUSTER ANALYSIS OF VARIABLES
BMDP STATISTICAL SOFTWARE, INC.
1964 WESTWOOD BLVD. SUITE 202
(213) 475-5700
PROGRAM REVISED APRIL    1982
MANUAL REVISED -- 1981
COPYRIGHT (C) 1982 REGENTS OF UNIVERSITY OF CALIFORNIA

TO SEE REMARKS AND A SUMMARY OF NEW FEATURES FOR
THIS PROGRAM, STATE NEWS. IN THE PRINT PARAGRAPH.


THIS VERSION OF BMDP HAS BEEN CONVERTED FOR USE ON    --
CDC 6000 AND CYBER SERIES COMPUTERS BY
BMDP PROJECT, VOGELBACK COMPUTING CENTER
NORTHWESTERN UNIVERSITY
2129 SHERIDAN ROAD
EVANSTON, ILLINOIS 60201
(312) 492-3681

RELEASED AUGUST 1983 FOR FTN5 COMPILERS

EXECUTED ON 85/06/17.AT 20.47.57.

PROGRAM CONTROL INFORMATION

/PROBLEM    TITLE='CLUSTER ALLER VARIABLEN ALLER INTRUSIONEN.'.
/INPUT      CODE='BMDP111'.  UNIT=15.
/VARIABLES  USE=4 TO 14,32 TO 46.
/TRANSFORM
              IF(G8 LT 39)THEN USE = 0.
/END.
```

Abb. 4.5: Programmschema für Variablencluster
Problem: Zu erledigende Aufgabe
Input: Spezifikation der einzulesenden BMDP-Stammdatei
Variables: Kennzeichnung der zu verwendenden Variablen
Transform: Umwandlung von Variablen

```
BMDP2M - CLUSTER ANALYSIS OF CASES
BMDP STATISTICAL SOFTWARE, INC.
1964 WESTWOOD BLVD. SUITE 202
(213) 475-5700
PROGRAM REVISED OCTOBER 1983
MANUAL REVISED -- 1983
COPYRIGHT (C) 1983 REGENTS OF UNIVERSITY OF CALIFORNIA

TO SEE REMARKS AND A SUMMARY OF NEW FEATURES FOR
THIS PROGRAM, STATE NEWS. IN THE PRINT PARAGRAPH.

THIS VERSION OF BMDP-83 HAS BEEN CONVERTED FOR
CDC NOS AND NOS/BE OPERATING SYSTEMS
BY BMDP PROJECT, VOGELBACK COMPUTING CENTER
NORTHWESTERN UNIVERSITY
2129 SHERIDAN ROAD
EVANSTON, ILLINOIS 60201
(312) 492-3681

RELEASE DATE, APRIL 1985
EXECUTED ON 85/11/25.AT 16.01.33.

PROGRAM CONTROL INFORMATION

/PROBLEM    TITLE='CLUSTER ALLER VARIABLEN ALLER INTRUSIONEN.'.
/INPUT      FILE=BMDP86.    UNIT=20.
            CODE=BMDP8A.
/VARIABLES  USE=63TO 77.
          LABELS ARE GB,NR.
/TRANSFORM
         IF(GKZ NE 11)THEN USE=0.
        IF(SIO2 LE 65)THEN USE=0.
/PROCEDURE
              SUMOFSQ.
/PRINT      HISTO.
/END.
```

Abb. 4.7: Programmschema für Fällecluster
Erläuterungen siehe Abb. 4.6

5. ERGEBNISSE

Es wurden für diese Arbeit 549 Proben analysiert. Vorwiegend handelt es sich dabei um Material aus den Intrusionen.
Aus Tabelle 5.1 ist die Art und Häufigkeit der Proben zu entnehmen.

Tab. 5.1: Untersuchte Proben nach Gebieten getrennt.

Region	Gesteinsgruppe	ges. Proben	SA	C	VN	RG
Intrusionen	Granit 1	146	92	12	9	3
	Granit 2	42	15	25	-	2
	Syenomonzonit	18	-	-	18	-
	Diorit (Mischgestein)	137	93	27	15	2
	Dioritgabbro	28	15	4	8	1
	saure Gänge	24	16	6	2	-
	Pegmatite	17	3	14	-	-
	basische Gänge	16	7	3	4	2
	Einschlüsse	6	2	2	2	-
	Granit-Granodiorit-Gneis	23	16	3	4	-
Nebengestein	Migmatit					
	Leucosome	45	23	9	4	9
	Mesosome	23	12	5	3	3
	Hornbl.-Pyrox.-Gestein	6	-	-	6	-
	Quarzit	8	1	4	1	2
Gesamt		549	302	136	72	29

SA=Sta. Angelica; C=Castelo; VN=Venda Nova; RG=Region

5.1. PROBENVERÄNDERUNGEN (ALTERATION)

Durch eine so tiefgründige Verwitterung, wie sie in tropischen Gebieten vorkommt (zentral-östliches Brasilien: bis zu 200m Laterit; im Mittel 10-25m), war von vorneherein eine Veränderung der Gesteinsproben nicht auszuschließen.

Um diesen Einfluß möglichst gering und unter Kontrolle zu halten, wurde versucht, nur frische Handstücke (keine lokkeren Krusten und Oberflächenpartien) zu sammeln.

Nach VAN TASSEL et al. (1986) ist eine Umwandlung von Biotit zu Vermicullit typisch für eine durch Verwitterung bedingte Veränderung von Granit, daneben eine Erhöhung des Fe+++-Werts sowie eine Kaolinisierung der Feldspäte.

Diese Effekte sind nur bei vereinzelten Proben beobachtet worden. Da diese Veränderungen jedoch erst relativ spät auftreten, mußten auch noch andere Kriterien untersucht werden.

Hier eignen sich Diagramme der Elemente gegen den Glühverlust bzw. gegen Glühverlust und Fe+++/Fe++-Differenzgewicht (Abb. 5.1 bis 5.6).

Bei einer Veränderung der Gesteine durch Verwitterung müßten die mobilen Elemente (Na, Mg, P, K, Ca, Fe, Rb, Y, U) abnehmen und die immobileren (Al, Si, Ti, Mn, Fe+++, Cr, Co, Ni, Ba) zunehmen, was sich in negativer bzw. positiver Korrelation zum Glühverlust ausdrücken würde.

Bei allen Diagrammen, mit Ausnahme des SiO_2- und des TiO_2-Diagramms ist keine hohe Korrelation vorhanden.

Dies zeigt, daß keine weitergehenden Veränderungen durch hydrothermale oder verwitterungstypische Einflüsse stattgefunden haben.

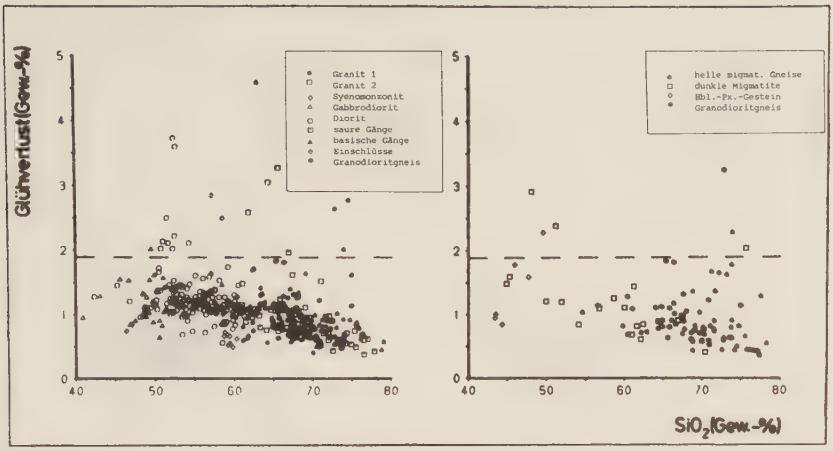


Abb. 5.1: Abhängigkeit des SiO2-Gehaltes vom Glühverlust
Bis auf wenige Proben liegen alle Punkte unterhalb 1.8% GV.Im Diagramm SiO2-GV ist eine schwache Korrelation zu sehen. Die basischen Gesteine besitzen höhere Glühverluste als die sauren Proben.

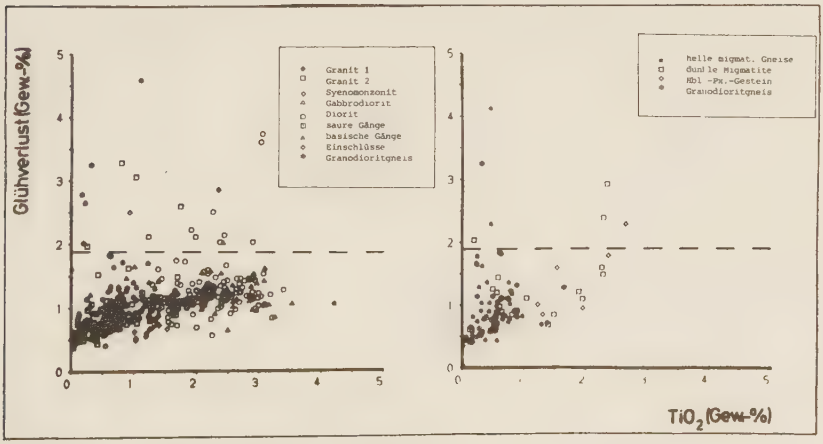


Abb. 5.2: Abhängigkeit des TiO2-Gehaltes vom Glühverlust
Eine geringe Korrelation ist feststellbar. Dies hängt vermutlich mit dem Einfluß des Fe+++/Fe++-Verhältnisses zusammen (siehe auch Abb. 5.1).

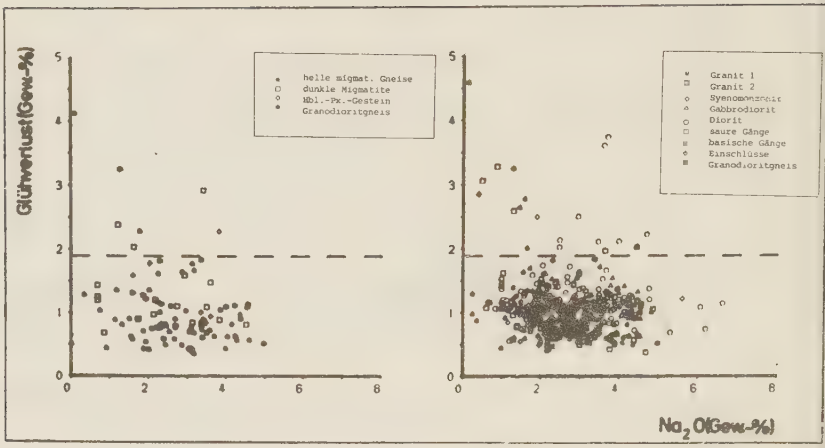


Abb. 5.3: Abbhängigkeit des Na2O-Gehaltes vom Glühverlust. Es zeigt sich keine Korrelation.

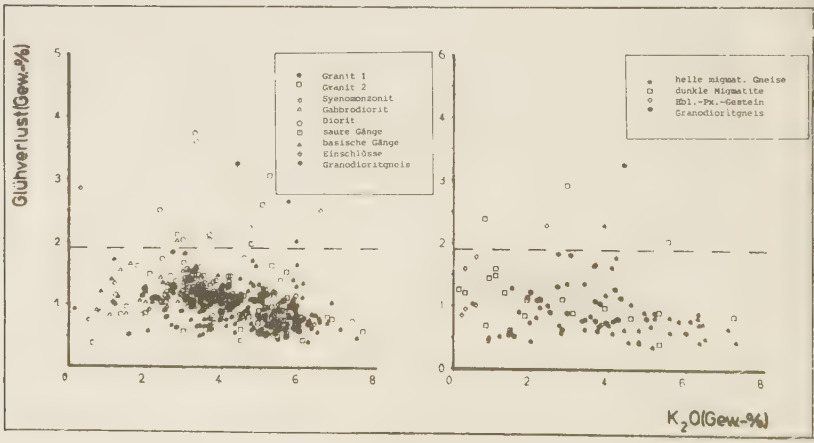


Abb. 5.4: Abhängigkeit des K2O-Gehaltes vom Glühverlust. Hier ist ebenfalls keine signifikante Korrelation nachzuweisen. Auffällig sind die etwa gleichhohen K2O-Gehalte bei allen Gesteinsgruppen.

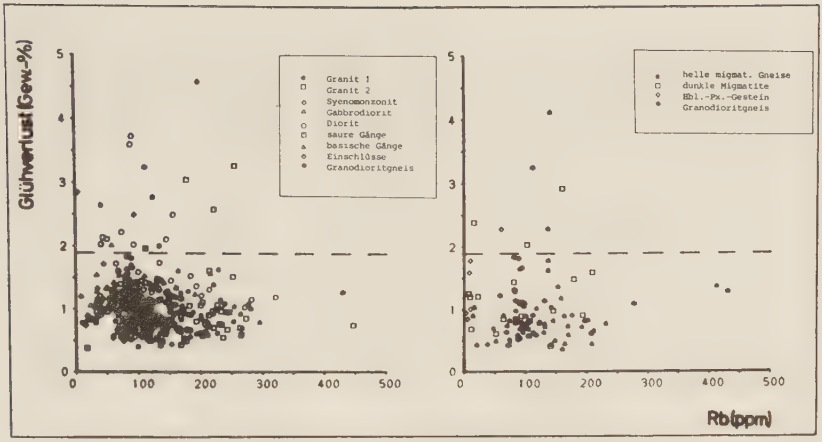


Abb. 5.5: Abhängigkeit des Rb-Gehaltes vom Glühverlust. Das für Veränderungen sehr empfindliche Rubidium zeigt bei den dargestellten Probengehalten ebenfalls eine zu vernachlässigende Korrelation.

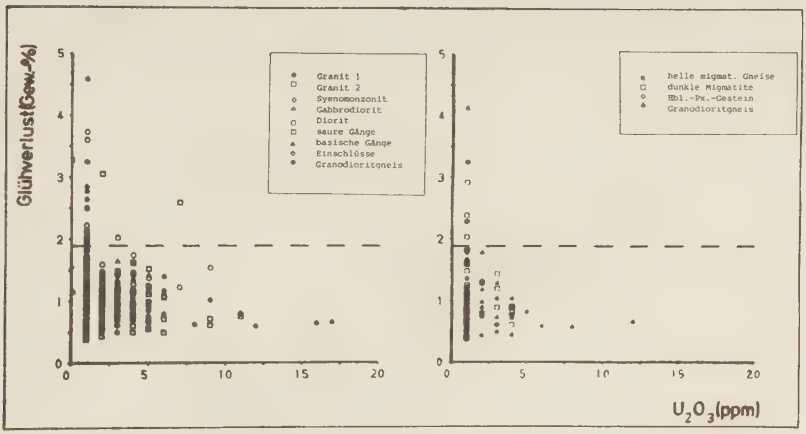


Abb. 5.6: Abhängigkeit des U2O3-Gehaltes vom Glühverlust. Die U2O3-Verteilung bietet ebenfalls keine Hinweise auf verwitterungsbedingte Veränderungen.

(Al/3-K)-(Al/3-Na)-Diagramm (nach DE LA ROCHE 1968):
In diesem Diagramm läßt sich neben dem Magmentyp (Na-K-Relation) ebenfalls eine Veränderung von Gesteinen durch Spilitisierung oder ähnliche Prozesse (hydrothermale Veränderungen) darstellen (Abb. 5.7).

Für die Intrusivgesteine, den Granit-Granodiorit-Gneis sowie die unmittelbar an die Intrusionskörper grenzenden Gesteine wurden Diagramme geplottet (Abb. 5.8).

Es zeigte sich, daß die Werte des Dioritgabbros in der Nähe des Bereichs für Diorit und Gabbro liegen und somit keine Verschiebung der Alkalien durch hydrothermale Prozesse stattgefunden hat. Es fällt jedoch bei einzelnen Proben eine K-Anreicherung auf. Dies gilt sinngemäß auch für die basischen Ganggesteine.

Die Granite 1 und 2 befinden sich teilweise im sedimentären Sektor, was ihrer vermuteten Genese entspräche. Die Verteilung der Proben läßt in manchen Bereichen eine Na-Zufuhr vermuten.

Die Nebengesteine und der Granit-Granodiorit-Gneis weisen Ähnlichkeiten auf.
Wenn der Granit-Granodiorit-Gneis aus den Nebengesteinen erschmolzen wurde, so ging dies mit einer deutlichen K-Erniedrigung und Na-Erhöhung bei vielen Proben einher (Fraktionierung und Abwanderung K-reicher Teilschmelzen ?).

Es kann also davon ausgegangen werden, daß keine größeren postintrusiven hydrothermalen Veränderung mit den Gesteinen passiert sind und nur Prozesse im Zusammenhang mit der Intrusion relevanten Einfluß auf den Chemismus hatten.

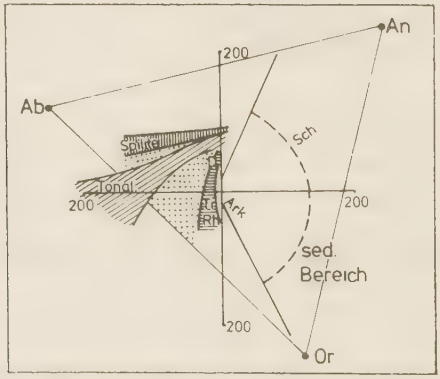
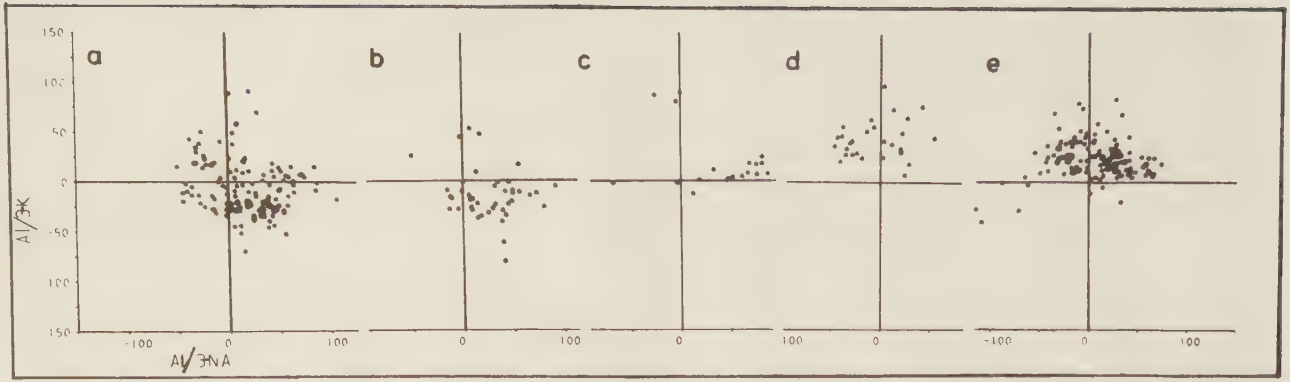


Abb. 5.7: Ab-An-Or-Diagramm nach DE LA ROCHE (1968) mit Einteilung verschiedener Bereiche: Sch: Schiefer; Ark: Arkosen; Tonal.: Tonalit; Tr: Trachyt; Rh: Rhyolite; D: Diorit;



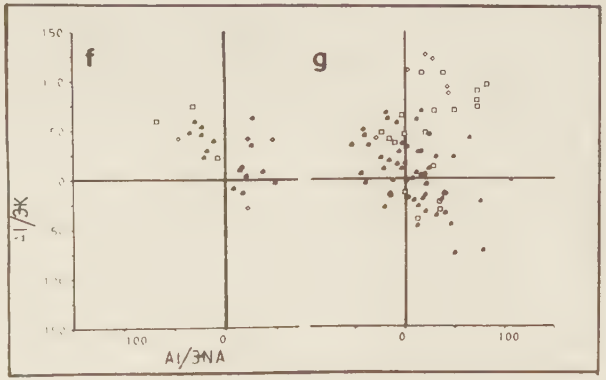


Abb. 5.8:

Al/3-K - Al/3-Na - Diagramm nach DE LA ROCHE (1968) zur Festellung eventueller Veränderungen durch Spilitisierung oder hydrothermale Prozesse.
Die Probenpunkte liegen in den zugehörigen Bereichen des Diagramms, was bedeutendere Veränderungen ausschließt.

a. Granit 1
b. Granit 2
c. Syenomonzonit
d. Dioritgabbro
e. Diorit (Mischgesteine)
f. dunkle Migmatite (und Mesosome)
g. helle Migmatite (und Leukosome) und Gneise

Zusammenfassung:

Ein genereller Zusammenhang zwischen Glühverlust und Elementverteilung war nicht zu beobachten, wodurch eine weitergehende Veränderung eines Großteils der Proben durch Verwitterung ausgeschlossen werden kann.

Für Proben mit Glühverlusten über 1.8% wurde eine Veränderung durch Verwitterung oder hydrothermale Einflüsse angenommen.
Die Grenze ergibt sich aus der Verteilung der Proben. Zwischen den Proben über 1.8% und denen unter 1.8% befindet sich eine weniger dicht besetzte Zone.

Ein "spilitisierungs-artiger" Prozeß konnte für den Großteil der Proben ausgeschlossen werden.

Die basischen Proben fallen durch (gegenüber normalen Gabbros und Dioriten) erhöhte K2O-Gehalte auf.
Nach den Untersuchungen scheint es sich um einen primär hohen Gehalt zu handeln.

Unmittelbar angrenzende Granodioritschlieren besitzen ebenfalls erhöhte K2O-Werte.
Der Granit-Granodiorit-Gneis verarmte bei einer auf die Anatexis folgende Fraktionierung an K und reicherte sich an Na an.

Die Gesteine des Complexo Alegre haben in der Umgebung der Intrusionen eine gewisse Na-Zufuhr bei geringer K-Abfuhr erfahren (im Vergleich zu entfernter liegenden Proben).

5.2. VERGNEISTER GRANIT-GRANODIORIT

Das Vorkommen des Granit-Granodiorit-Gneises ist im Arbeitsgebiet auf den Complexo Alegre beschränkt.
Er bildet große, gleichförmige Körper mit Ausstrichflächen bis zu mehreren 100km2.
Das Gestein ist grobkörnig, die Farbe hellgrau bis grauweiß, selten graugelb.
Makroskopisch sind Plagioklas, Kalifeldspat, Quarz, Biotit, wenig Hornblende, Titanit und Erz, untergeordnet Granat und Allanit zu erkennen.
Der gewöhnlich sehr homogene Granit-Granodiorit-Gneis besitzt in Randbereichen deutlich inhomogene Zusammensetzung durch dunkle, amphibolitische Einschaltungen sowie Zunahme der basischen Gemengteile und dadurch bedingt, Verringerung des SiO_2-Gehaltes bis auf unter 56%.
In inneren Bereichen steigt der SiO_2-Gehalt bis auf 75%, was auf apikale Lage dieser Gesteine hinweisen könnte.

Der Chemismus deutet auf eine normalgranitische bis granodioritische Zusammensetzung hin (im Vergleich zu Daten von NOCKOLDS 1954, 1978), wobei jedoch K_2O leicht erniedrigt und Na_2O leicht erhöht erscheint. Proben bei Castelo haben jedoch noch höhere Na_2O-Gehalte (Tab. 5.4).
Die hohen normativen Korundwerte nur einzelner Proben (grösser 5% bei 1054001 und 3103900) lassen die untergeordnete Beteiligung von Sedimentaufschmelzung als wahrscheinlich erscheinen.
Aus der Zusammensetzung der Proben in der Umgebung der Intrusionen (Tab. 5.2 bis Tab. 5.4) läßt sich eine in großen Bereichen weitgehende Homogenität erkennen.
Bei Annahme gleichartiger Ausgangsgesteine für den Gneis sind Unterschiede in der Aufschmelzung umd Differentiation festzustellen.
Nach Modalanalysen (SCHMIDT-THOME 1987) hat der Granit-Granodiorit-Gneis eine überwiegend granodioritische Zusammensetzung (Tab. 5.2), nach der chemischen Analyse dagegen (SiO_2-Gehalt: Tab. 5.3 und SiO_2-Alkalien-Verteilung: Abb. 5.13) eine mehr granitische Komposition.

Tab. 5.2: Modale Zusammensetzung des Granit-Granodiorit-Gneises bei der Intrusion von Sta. Angelica (n=7)

Mineral	Gehalt
Plag.	50.9±2.6
Mikrokl.	7.8±3.1
Qz.	25.3±5.5
Hbl.	3.7±2.7
Bio.	9.5±3.4
Erz	0.6±0.4
Tit.	0.6±0.5
Apa.	0.4±0.3
Akz.	1.3±1.7

Mikroskopische Beschreibung (nach BAYER et. al. 1986):

Plagioklas
Die Größe der Einzelkörner schwankt zwischen 0.5 und 10mm. Einzelne augige Plagioklase können Größen bis zu 2cm erreichen. Im Anorthitgehalt (An23/An35) besteht kein Unterschied zwischen großen und kleinen Körnern.
Ein Zonarbau ist untypisch und tritt nur selten auf. Größere Plagioklase zeigen häufig Auswirkung einer schwachen Deformation.
Die Zwillings-Lamellen sind oft gebogen oder geknickt.
Partielle Saussuritisierung und Serizitisierung sind bei der überwiegenden Anzahl der Plagioklase zu beobachten.

Kalifeldspat
Gewöhnlich Mikroklin, ist der Kalifeldspat gelegentlich mikroperthitisch. Xenomorphe Körner zwischen 0.5 und 3mm sind normal. Sie können jedoch maximal Größen bis zu etwa 2cm erreichen und sind dann meist deformiert.
Im Kalifeldspat kommen alle anderen Minerale als Einschlüsse vor.

Quarz
Quarzkörner von rundlicher bis lappiger Form erreichen Grössen bis 1.5cm. Neben undulöser Auslöschung weisen sie Subkornbau auf und sind teilweise rekristallisiert.

Hornblende
Hornblende kommt in hypidiomorphen Körnern (0.2-0.8cm) mit dunkelgrünem, gelbgrünem und grünem Pleochroismus vor.
Mikroskopisch wurde hastingsitische Hornblende mit partieller Umwandlung der Körner in Epidot festgestellt.

Biotit
Biotit, immer hypidiomorph, besitzt grünen bis braungrünen Pleochroismus. Er zeigt undulöse Auslöschung, ist meist schwach deformiert und teilweise chloritisiert.

Akzessorien
Die vorherrschende Erzphase ist Magnetit mit gelegentlich Ilmenitentmischungslamellen bzw. randlichen Ilmenitkörnern.
Er ist teilweise martitisiert.
Selten tritt Ilmenit mit Hämatitentmischungen auf.

Titanit kommt sowohl idiomorph wie auch xenomorph oder auch als feiner Saum um die Oxiderze vor.

Apatit bildet kurze, gedrungene prismatische Säulen.
Die Zirkonkristalle besitzen im Inneren zwar Anwachszonen aber keine gerundeten Kerne.

Epidot ist als Umwandlungsprodukt (um Hornblende) oder als feine Säume um Allanitkristalle vorhanden.

Gefüge des Granit-Granodiorit-Gneises:
Das makroskopisch beobachtbare, ausgeprägt flaserige Parallelgefüge ist im Dünnschliff kaum erkennbar. Lediglich augige Feldspäte sowie Biotitleisten zeigen eine gewisse Regelung. Größere Feldspäte erfuhren eine schwache Kataklase. Quarz ist teilweise rekristallisiert.

Alle untersuchten Proben sind schwach retrograd umgewandelt, was durch Erscheinungen wie partielle Saussuritisierung und Serizitisierung von Plagioklas, Chloritisierung von Biotit sowie Epidotbildung aus Hornblende dokumentiert ist.

Häufig treten Pegmatitgänge und -nester auf, die einige Dezimeter Mächtigkeit erreichen können, sowie konkordante Linsen und Gänge.

Die Kontakte zum Nebengestein sind uneinheitlich.
Ostnordöstlich von Burarama ist ein scharfer Kontakt von Granit-Granodiorit-Gneis zu gebänderten Migmatiten aufgeschlossen.
Östlich von Jeronimo Monteiro existieren innerhalb einer 50 bis 100m breiten Zone scharf abgegrenzte Granit-Granodiorit-Gneis-Lagen in fein gebändertem Migmatit.

Nördlich der Intrusion von Sta. Angelica geht der Granit-Granodiorit-Gneis in einen gebänderten Migmatit über. Dort sind eine immer deutlicher werdende Bänderung und eine zunehmende Anzahl dunkler biotitreicher Lagen zu beobachten.

Nördlich der Intrusion von Castelo wandelt sich der Migmatit graduell in den Granit-Granodiorit-Gneis um, unter Abnahme und Abschwächung der Bänderung. Im Granit-Granodiorit-Gneis wurden hier jedoch auch unterschiedlich große Schollen (0.5-100m) des Migmatites beobachtet.

Bei der Intrusion von Venda Nova sind scharfe Grenzen (10-30m) zwischen Granit-Granodiorit-Gneis und Migmatiten zu beobachten (Südostrand), sowie graduelle Übergänge im nördlichen Teil zu sehen.

Tab. 5.3: Durchschnittliche chemische Zusammensetzung des Granit-Granodiorit-Gneises (n=23).

	MW	Med	Min	Max	StD
Gew.-%					
SiO_2	66.82	66.38	56.57	74.94	4.15
Al_2O_3	15.12	14.88	12.77	18.93	1.55
FeO	3.47	3.62	1.31	5.78	1.21
Fe_2O_3	0.61	0.64	0.23	1.02	0.21
MgO	1.45	1.23	0.06	4.27	1.09
MnO	0.10	0.09	0.03	0.20	0.05
CaO	3.39	3.49	0.94	7.32	1.50
Na_2O	3.07	2.70	1.28	4.98	1.10
K_2O	3.28	3.02	1.57	5.99	1.11
TiO_2	0.64	0.58	0.25	1.65	0.28
P_2O_5	0.25	0.14	0.01	1.69	0.37
GV	0.84	0.74	0.37	3.10	0.58
Summe	99.04				
ppm					
V	92	82	13	183	45
Cr	68	35	1	680	136
Co	14	11	3	43	10
Ni	27	22	1	64	16
Cu	20	20	10	37	7
Zn	129	121	76	212	34
Ga	23	23	18	33	4
Rb	122	97	59	430	81
Sr	335	323	152	693	132
Y	35	33	1	95	24
Zr	249	216	35	710	168
Nb	14	13	6	36	7
Ba	1091	874	363	2532	573
Pb	28	16	11	239	47
U_2O_3	1	1	1	4	1

MW=Mittelwert; Med=Medianwert; Min=kleinster Wert; Max=größter Wert; StD=Standardabweichung;

Tab. 5.4: Durchschnittliche Zusammensetzung der Granit-Granodiorit-Gneis-Proben in der Umgebung der Intrusionen.

	bei Sta. Angelica (n=16)					bei Castelo (n=3)					bei Venda Nova (n=4)				
	MW	Med	Min	Max	StD	MW	Med	Min	Max	StD	MW	Med	Min	Max	StD
Gew.-%															
SiO_2	66.67	65.81	60.38	74.94	3.79	65.37	68.61	56.57	70.94	7.71	68.54	67.61	64.89	70.86	2.88
Al_2O_3	15.17	14.87	12.77	18.93	1.64	15.82	15.53	14.25	17.67	1.73	14.38	14.61	12.88	15.13	1.03
FeO	3.40	3.13	1.31	5.78	1.09	3.03	2.32	1.83	4.93	1.67	4.12	3.69	2.20	5.39	1.51
Fe_2O_3	0.61	0.56	0.23	1.02	0.19	0.53	0.41	0.32	0.87	0.30	0.73	0.65	0.39	0.95	0.27
MgO	1.11	1.06	0.06	2.70	0.63	2.07	1.15	0.80	4.27	1.91	2.34	2.31	0.56	4.16	1.48
MnO	0.10	0.09	0.04	0.20	0.05	0.06	0.04	0.03	0.11	0.04	0.13	0.12	0.09	0.17	0.04
CaO	3.60	3.63	0.96	5.15	1.09	4.73	3.57	3.32	7.31	2.24	1.55	1.17	0.94	2.64	0.77
Na_2O	2.96	2.59	1.28	4.55	0.99	4.31	4.57	3.39	4.98	0.83	2.57	2.10	1.59	4.38	1.25
K_2O	3.45	3.66	2.16	4.97	0.88	2.40	1.91	1.57	3.71	4.15	3.29	2.59	1.99	5.99	1.83
TiO_2	0.65	0.59	0.25	1.65	0.31	0.43	0.47	0.31	0.50	0.11	0.77	0.81	0.54	0.89	0.16
P_2O_5	0.29	0.15	0.01	1.69	0.44	0.15	0.15	0.11	0.19	0.04	0.15	0.12	0.07	0.30	0.10
GV	0.94	0.78	0.43	3.10	0.66	0.51	0.42	0.37	0.74	0.20	0.68	0.51	0.41	0.93	0.27
Summe	98.95					99.41					99.25				
ppm															
V	90	83	29	168	33	41	44	13	65	26	140	136	63	183	56
Cr	76	36	1	680	162	54	23	22	118	55	46	27	22	89	31
Co	11	11	3	22	6	20	12	6	42	19	21	19	6	31	12
Ni	25	22	1	49	15	34	20	18	64	26	30	21	16	53	17
Cu	21	20	10	35	6	15	15	13	18	3	22	17	14	37	10
Zn	124	121	76	178	32	120	121	98	140	21	156	150	113	212	42
Ga	23	23	18	33	4	21	22	19	23	2	22	21	19	24	2
Rb	129	98	69	430	93	126	88	84	207	70	93	85	59	117	27
Sr	371	347	152	693	131	324	277	235	461	120	202	175	155	266	51
Y	30	33	1	68	18	15	15	11	20	5	71	70	49	95	19
Zr	250	164	99	650	147	88	98	35	132	49	366	269	216	710	231
Nb	15	13	6	36	8	12	12	8	15	4	13	14	8	16	3
Ba	1270	1008	720	2532	593	841	771	17	485	143	560	525	363	730	166
Pb	32	16	12	239	56	22	21	14	39	14	14	14	11	16	2
U_2O_3	1	1	1	4	1	2	2	1	3	1	1	1	1	2	1

MW=Mittelwert; Med=Medianwert; Min=kleinster Wert; Max-größter Wert
StD=Standardabweichung;

5.2.1. Geochemie des Granit-Granodiorit-Gneises

5.2.1.1. Variationsdiagramme gegen SiO_2

Der Granit-Granodiorit-Gneis zeigt zum Großteil Ähnlichkeit mit den hellen Migmatiten. Nur drei Proben weisen auf die dunklen Migmatite hin.

Hauptelemente
SiO_2 - Al_2O_3 (Abb. 5.9)
Mit Ausnahme einzelner Proben (Al_2O_3 um 16%) liegen alle anderen auf einem kalkalkalischen bzw. subalkalischen Trend, wobei der Gehalt an Al_2O_3 in üblichem Rahmen abnimmt (60% SiO_2; 15.5% Al_2O_3 - 75% SiO_2; 2-3% Al_2O_3). Die Proben mit hohem Al_2O_3 deuten auf alkalireiche Quellen hin.

SiO_2 - $FeO+Fe_2O_3$ (Abb. 5.10)
In diesem Diagramm ist deutlich die Aufteilung in Fe-reiche (aus Fe-reicheren dunklen Gneisen ?) und Fe-arme (Migmatite, helle Gneise) Ausgangsgesteine zu erkennen.

SiO_2 - MgO; SiO_2 - CaO (Abb. 5.11; 5.12)
Hier zeigt sich eine geringe Variationsbreite in den möglichen Ausgangsgesteinen des Granit-Granodiorit-Gneises. Neben Gesteinen mit Normalgehalten an CaO und MgO treten solche mit überdurchschnittlichen und andere mit unterdurchschnittlichen Gehalten auf. Die hohen CaO-Werte bei hohen SiO_2-Gehalten weisen auf Aufschmelzung gewisser Anteile an Kalksteinen und Kalksilikaten hin.

SiO_2 - Alkalien (Abb. 5.13)
Neben vorwiegend granitischer und granodioritischer Zusammensetzung tritt bei einzelnen Proben auch dioritischer Gesamtchemismus auf (Einteilung nach COX et al. 1979).

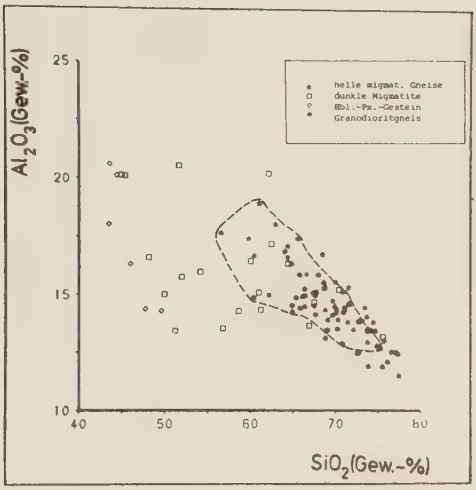


Abb. 5.9: Variationsdiagramm SiO2 - Al2O3 für die Gneise
Die Al2O3-Gehalte entsprechen den hellen migmatischen Gesteinen.
Gestrichelt: Feld des Granit-Granodiorit-Gneises

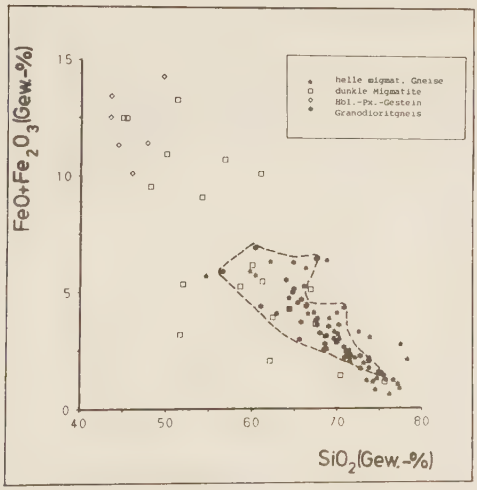


Abb. 5.10: Variationsdiagramm SiO2 - FeO+Fe2O3
für die Gneise
Die Fe(gesamt)-Gehalte sind etwas höher als bei den Nebengesteinen.
Gestrichelt: Feld des Granit-Granodiorit-Gneises

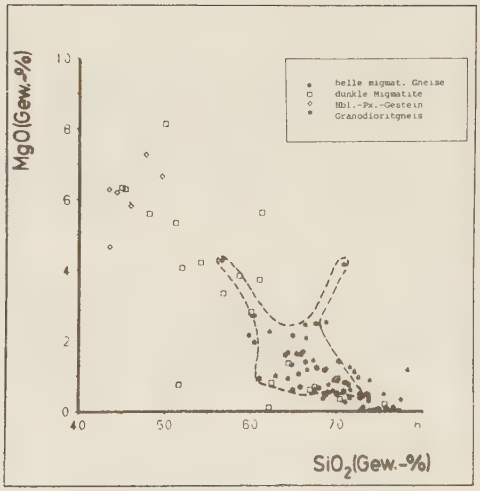


Abb. 5.11: Variationsdiagramm SiO2 - MgO für die Gneise
Die MgO-Werte variieren stark, was auf die Entstehung aus unterschiedlichen Gesteinen zurückzuführen ist.
Gestrichelt: Feld des Granit-Granodiorit-Gneises

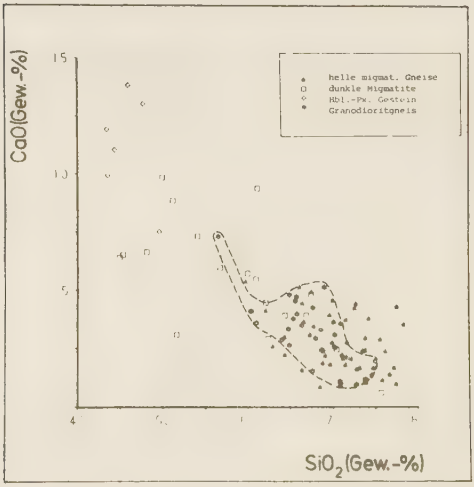


Abb. 5.12: Variationdiagramm SiO2 - CaO für die Gneise
Die CaO-Gehalte sind bei etwa gleichem SiO2 höher als in den Nebengesteinen.
Gestrichelt: Feld des Granit-Granodiorit-Gneises

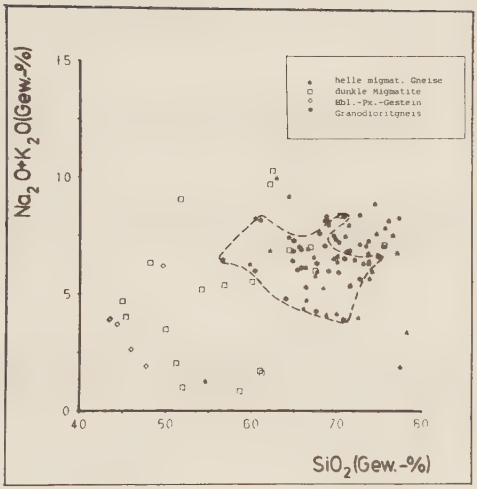


Abb. 5.13: Variationsdiagramm SiO2 - Alkalien für die Gneise
Die Proben des Granit-Granodiorit-Gneises liegen in den Feldern für Granit, Granodiorit und Diorit (nach COX et al. 1979).
1: Granitfeld; 2: Granodioritfeld;
3: Dioritfeld;
Gestrichelt: Feld des Granit-Granodiorit-Gneises

Spurenelemente

SiO_2 - V, Cr, Co, Ni (Abb. 5.14)
Generell ist der Granit-Granodiorit-Gneis durch niedrige Gehalte gekennzeichnet. Eine leichte Erhöhung gegenüber den Proben der Gneise mit gleichem SiO_2-Gehalten weist auf eine Fraktionierungsanreicherung durch Abtrennung von saureren Schmelzen hin.

SiO_2 - Ga (Abb. 5.15)
Ga^{+++} tarnt sich in Al-Mineralen. Eine ähnliche Verteilung der Probenpunkte ist kennzeichnend für eine normale Entwicklung.

SiO_2 - Rb (Abb. 5.16)
Rubidium ersetzt Kalium diadoch und bildet keine selbstständigen Minerale. Der geringe Anstieg an Rb läßt eine homogene Schmelzbildung vermuten ohne größere Einflüsse einer Schmelzdifferentiation.

SiO_2 - Sr, Ba (Abb. 5.17; 5.18)
Die Aufgliederung in Ba-reiche (größer 1500ppm) und Ba-arme (kleiner 1500ppm) Proben läßt mindestens zwei verschiedene Gruppen von Ausgangsgesteinen als möglich erscheinen oder ist auf eine K-Metasomatose mit gleichzeitiger Erhöhung der Ba-Werte zurückzuführen. Letzteres erscheint jedoch wegen der geringen Mobilität des Ba als wenig wahrscheinlich.
Die Sr-Gehalte der Gneisproben deuten ebenfalls auf ein an Ca-Mineralen reiches und ein an Ca-Mineralen armes Ausgangsgestein hin.

SiO_2 - Zr (Abb. 5.19)
Zirkon bildet ein eigenes Mineral erst in Spätkristallisaten und -differentiaten. Der hohe Zr-Gehalt einiger Proben mit 60-65% SiO_2 und der niedrige Gehalt von Proben mit 65-75% SiO_2 lassen ebenfalls unterschiedliche Ausgangsgesteine vermuten.

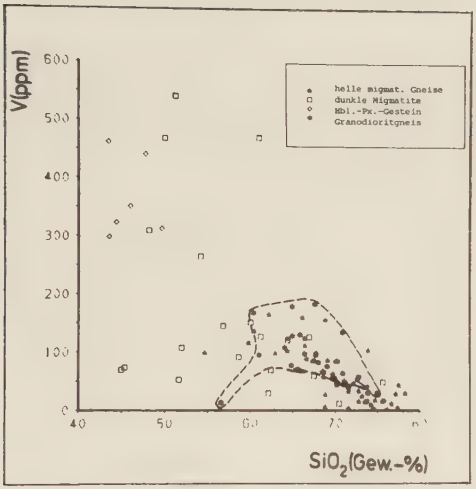


Abb. 5.14: Variationsdiagramm SiO2 - V für die Gneise
Die Gehalte sind höher als in den Nebengesteinen.
Gestrichelt: Feld des Granit-Granodiorit-Gneises

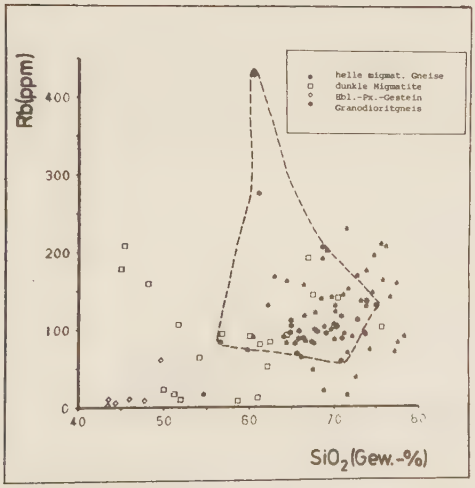


Abb. 5.15: Variationsdiagramm SiO2 - Rb für die Gneise
Die geringe Streuung der Rubidium-Gehalte ist deutlich zu sehen.
Gestrichelt: Feld des Granit-Granodiorit-Gneises

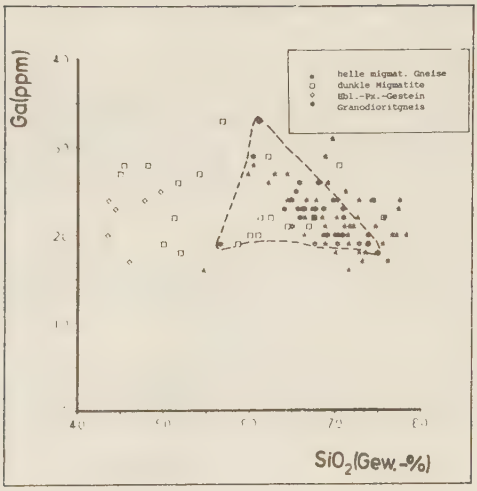


Abb. 5.16: Variationsdiagramm SiO2 - Ga für die Gneise
Ga besitzt eine annähernd gleiche Verteilung wie bei den Migmatiten,was auf einen etwa gleichen Alkalinitätsgrad rückschließen läßt.
Gestrichelt: Feld des Granit-Granodiorit-Gneises

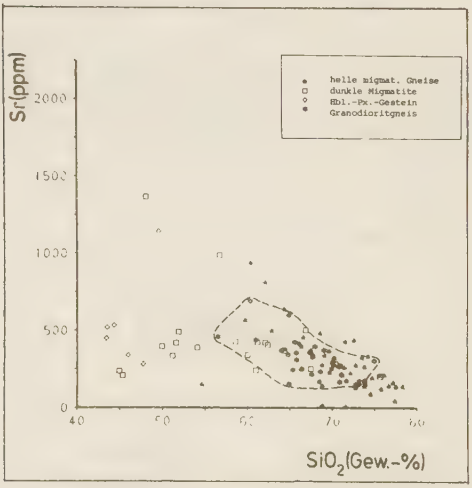


Abb. 5.17: Variationsdiagramm SiO2 - Sr für die Gneise
Der Gneis und die Rahmengesteine besitzen etwa gleiche Sr-Gehalte.
Gestrichelt: Feld des Granit-Granodiorit-Gneises

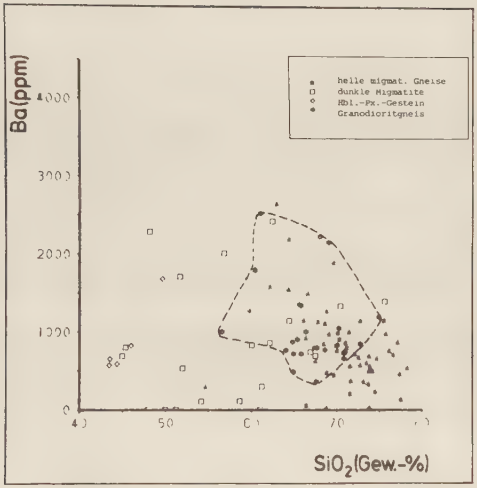


Abb. 5.18: Variationsdiagramm SiO2 - Ba für die Gneise
Einzelne Proben haben höhere Ba-Gehalte, was auf einen erhöhten Plagioklasanteil zurückgeführt werden kann.
Gestrichelt: Feld des Granit-Granodiorit-Gneises

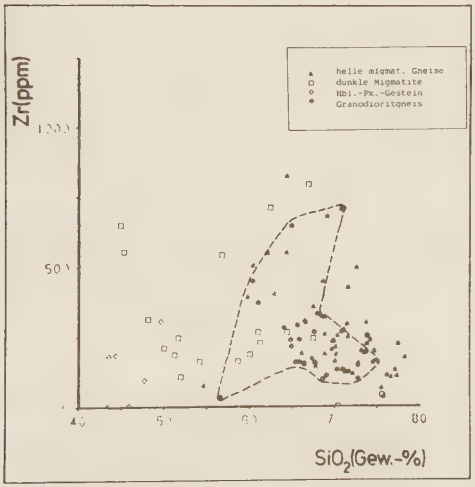


Abb. 5.19: Variationsdiagramm SiO2 - Zr für die Gneise
Die Proben haben ähnliche Zr-Gehalte wie die hellen migmatischen Gneise oder die Mesosome.
Gestrichelt: Feld des Granit-Granodiorit-Gneises

5.2.1.2. K-M-N-Diagramm (Abb. 5.20)

Die Probenpunkte des Granit-Granodiorit-Gneises liegen vorwiegend entlang der normalen Differentiationsentwicklung. Sie befinden sich hauptsächlich im Bereich des Granit- und Granodioritfeldes, untergeordnet im Grauwacken- und Arkosefeld.
So kommen möglicherweise als Ausgangsgestein aus dem Grupo Alegre in Frage:

1. MgO-reiche, alkalienarme Gesteine mit viel Quarz, Magnetit, überwiegend Alkalifeldspäten und wenig Plagioklas (Leucosome)
2. Gesteine dioritischer Zusammensetzung mit Biotit, Hornblende und Plagioklas (Mesosome).
3. Normalgranitische Gesteine mit viel Quarz, Magnetit, überwiegend Alkalifeldspat und ebenfalls weniger Plagioklas (helle Gneise).

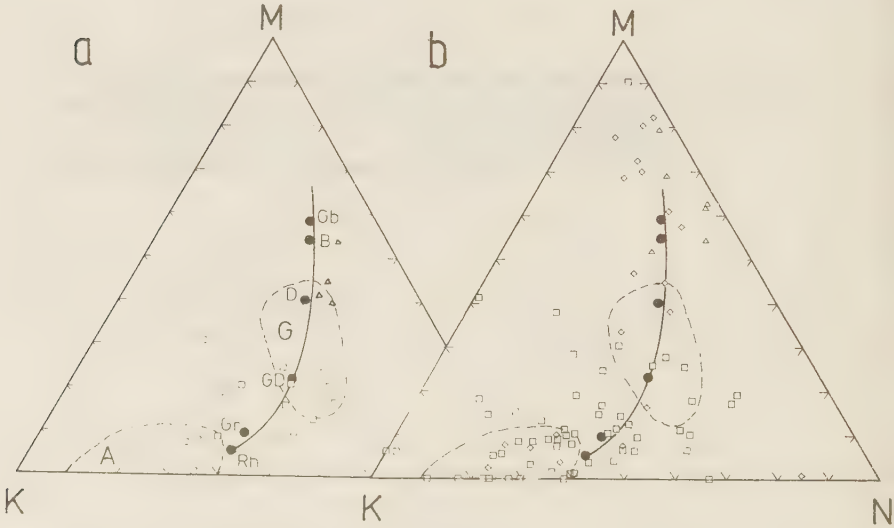


Abb. 5.20: K-M-N-Dreieck
(nach DE LA ROCHE 1968)
a. Granit-Granodiorit-Gneis: Sta. Angelica:□ ; Castelo:o ; Venda Nova:△ ;
b. helle Gneise:□ ;Mesosome:◊; Hbl.-Px-Gestein:△;

Eingezeichnet ist der magmatische Entwicklungstrend und mittlere Gabbro(Gb)-, Basalt(B)-, Diorit(D), Granit(Gr)- und Rhyolith(Rh)-Zusammensetzung sowie die Felder für Arkosen (A) und Grauwacken (G).
Eine gewisse Übereinstimmung der Verteilung der Proben in den Diagrammen a und b ist zu sehen.

5.2.1.3. Na2O-CaO-K2O-Dreieck (Abb. 5.21)

Die Proben des Granit-Granodiorit-Gneises fallen überwiegend in den Granit-Adamellit-Bereich und in die Grenzregion zwischen metamorphe (anatektische) und magmatogene Granite.
Eine Zunahme der Basizität (Trondhijemit - Tonalit) in den Proben von Castelo, Sta. Angelica zu Venda Nova ist aus dem Dreieck (5.21a) zu erkennen.
Auch hier wird deutlich, daß als Ausgangsgestein aus dem Complexo Alegre allenfalls die hellen Migmatite sowie (Abb. 5.21b) die Leucosome der Gneise (migmatische Gneise) in Frage kommen.
Eine Verschiebung des Na/K-Verhältnisses gegenüber den Granit-Granodiorit-Gneis-Proben tritt bei vielen Migmatit- und Gneisproben auf.

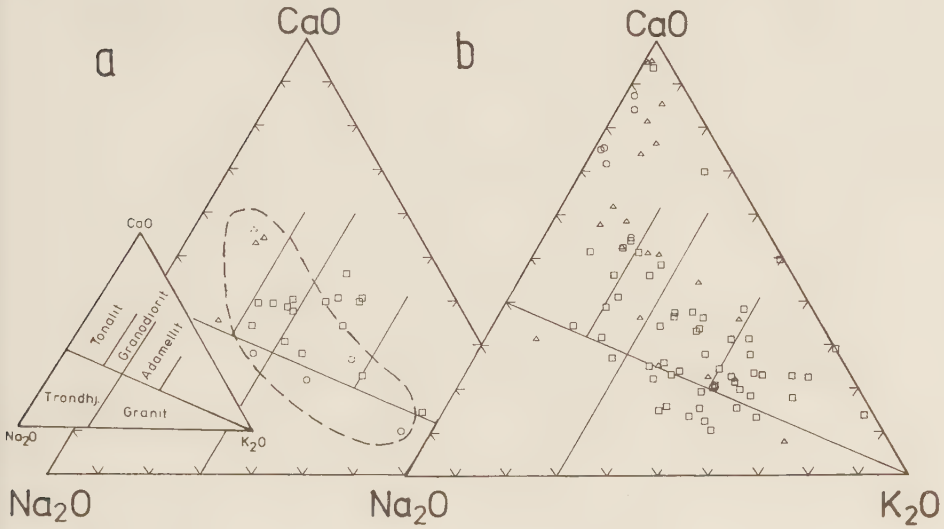


Abb. 5.21: Na2O-CaO-K2O-Dreieck (nach GLICKSON 1979)
a. Granit-Granodiorit-Gneis: Sta. Angelica:□ ; Castelo:○ ; Venda Nova:△ ;
b. helle Gneise:□; Mesosome:△; Hbl-Px-Gestein:○ ;
Gestrichelt: Feld der magmatogenen Granite
Deutlich ist die Lage der Probenpunkte im Grenzbereich zu erkennen. Ein größerer Anteil der Migmatitproben liegt in Richtung K2O-Ecke.

5.2.1.4. Ba-Rb-Sr-Dreieck (Abb. 5.22)

Die Granit-Granodiorit-Gneis-Proben liegen im Feld für "anomale" Granite und Granodiorite nach EL BOUSEKY und EL SOKKARY (1975). Sie belegen ähnliche Bereiche wie die höher fraktionierten Migmatit- und Gneisproben.
Anomale Granite sind Granite mit verschobenen Ba-Rb-Sr-Verhältnissen. Sie können entstehen durch Kontaminierung, Aufschmelzung aus Paragesteinen sowie durch Mischungsvorgänge.

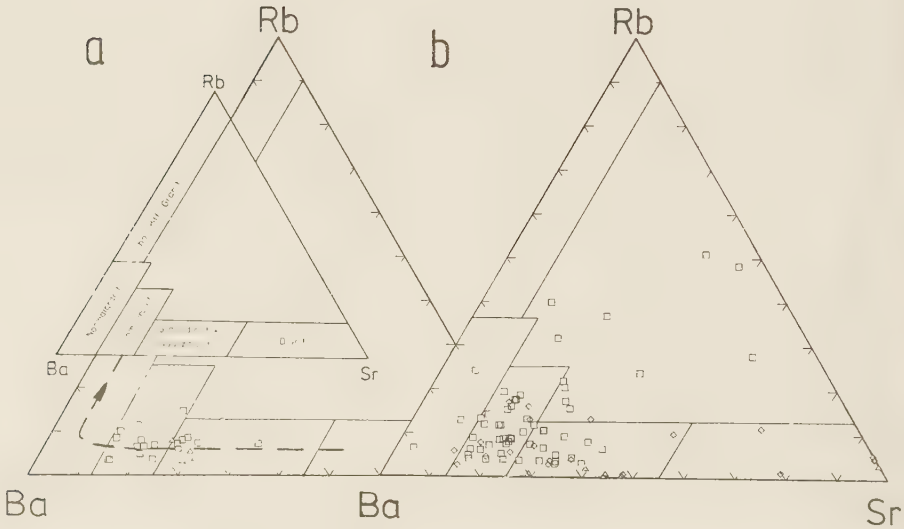


Abb. 5.22: Ba-Rb-Sr-Dreieck
(nach EL BOUSEKY und EL SOKKARY 1975)
a. Granit-Granodiorit-Gneis: Sta. Angelica: □ ;
Castelo: ○ ; Venda Nova: △ ;
b. helle Gneise: □ ; Mesosome: ◊ ;
Hbl-Px-Gestein: △ ;
Gestrichelt: Normaler Fraktionierungstrend
Bis auf wenige Ausnahmen liegen die darstellenden Punkte des Granit-Granodiorit-Gneises in der Nähe des normalen Trends.

5.2.1.5. R1-R2-Diagramm (nach DE LA ROCHE et al. 1980) (Abb. 5.23)

Mit Hilfe dieses Diagramms wurde versucht, mögliche Ausgangsgesteine einzugrenzen.
Die Faktoren berechnen sich wie folgt:

R1=4xSi-11(Na+K)-(Ti+Fe*)
R2=6xCa+2xMg+Al

Die Proben des Granit-Granodiorit-Gneises sind vom Feld für anatektische Granite in Richtung Dioritbereich verschoben und liegen im Gneis-Feld.
Dies kann durch Aufschmelzung eines basischeren Ausgangsgestein hervorgerufen sein oder durch Differentiation der Schmelze unter Abtrennung saurerer Teilschmelzen. Wahrscheinlich sind beide Prozesse beteiligt.
Während bei den Migmatiten eine Minimumschmelz- und Restitbildung (dunkle Bänderung) stattfand, erfolgte im Bereichen erhöhter Temperatur und/oder mit mehr sauren Intrusiva eine weitergehende Aufschmelzung mit beginnender Intrusion unter Abtrennung saurerer Teilschmelzen.

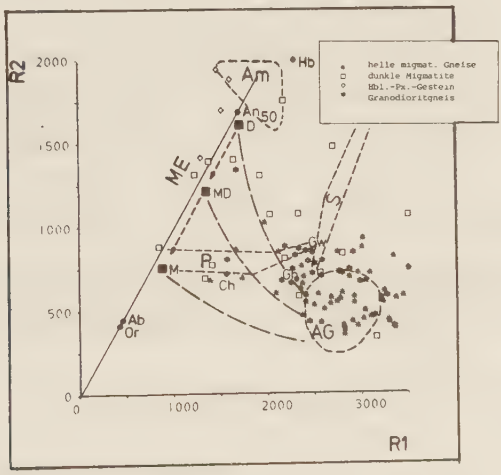


Abb. 5.23: R1-R2-Diagramm nach DE LA ROCHE et al. (1980)
Mafische Einschlüsse:Me; Amphibolite:Am; Anatektische Granite:AG; Schiefer:S; Anorthit:An; Hornblende:Hb; Albit:Ab; Orthoklas:Or; Pelite:P; Charnockit:Ch; Granitischer Gneis:Gn; Diorit:D; Monzodiorit:MD; Monzonit:M; Grauwacke:Gw;
Die Granit-Granodiorit-Gneis-Proben sind zum Gneisfeld hin verschoben, jedoch liegen einzelne Proben, wie die Migmatit-Probenpunkte im Feld für anatektische Granite.

5.2.2. Zusammenfassung

Wegen der auftretenden Faltung und Schieferung ist der Granit-Granodiorit-Gneis als D3A oder jünger einzustufen (BAYER et al. 1987).

Die Beschränkung auf den Complexo Alegre weist auf eine damit zusammenhängende Magmengenese hin.

Geochemische Daten wie auch Modalanalysen verdeutlichen die große Homogenität des Gesteins.
Die Granit-Granodiorit-Gneis-Körper sind sowohl scharf gegen das Nebengestein abgegrenzt, weisen aber auch graduelle Übergänge zu diesem auf.

Eine vorhandene Mineraleinregelung verläuft parallel zum Gefüge des Nebengesteins.

Die Lage der Punkte im R1-R2-Diagramm und in den Variationsdiagrammen weist auf eine anatektische Aufschmelzung (partiell/vollständig) mit anschließender Fraktionierung unter Abtrennung saurerer Teilschmelzen (saure Gneisproben) und unter Bildung eines basischeren Schmelzrückstandes (granodioritische Gneisproben) hin.

Die Lage der Probenpunkte im Na_2O-CaO-K_2O-Dreieck, im K-M-N-Dreieck und im Rb-Sr-Ba-Diagramm deutet auf eine Zusammensetzung hin, die bei vielen Proben nicht einer Minimumschmelze entspricht.
Die Proben liegen in der Nähe des normalen Differentiatonstrends.

P_2O_5- und TiO_2-Gehalte sind generell niedrig, Alkaligehalte variieren und Na/K ist etwa 1.

Nahe beieinanderliegende Alter von Granit-Granodiorit-Gneis (600-650Ma) und Migmatiten (580-590Ma, SÖLLNER et al. 1987) und die Verbandsverhältnisse legen ebenfalls die Vorstellung einer gemeinsamen Entstehung nahe.

Das Verhältnis Al/(Na+K+Ca/2) ist größer 1.1 (Mittelwert: 1.27) und das $^{87}Sr/^{86}Sr$-Verhältnis beträgt 0.7106 (SÖLLNER et al. 1986).

Niedrige Sr-Gehalte in einzelnen Migmatiproben gegenüber der überwiegenden Proben des Granit-Granodiorit-Gneis lassen (nach SÖLLNER et al. 1986) granulitfazielle Gesteine als Ausgangsgesteine möglich erscheinen.
Andererseits besteht eine große chemische Ähnlichkeit, und sehr enge, graduelle Kontakte sowie die Altersbeziehungen lassen eine Aufschmelzung von Anteilen des Nebengesteins als wahrscheinlich erscheinen.

So ist eine gemischte Entstehung, sowohl aus Para- als auch aus Orthogesteinen für den Granit-Granodiorit-Gneis anzunehmen.

5.3. DIE INTRUSIONEN VON STA. ANGELICA, CASTELO UND VENDA NOVA

Die drei untersuchten Intrusivkörper mit 50 bis 100km2 Ausstrichfläche besitzen elliptische Form und ihre Achsen verlaufen in NE-SW-Richtung (Abb. 5.24 bis 5.26).

In der näheren Umgebung der Intrusionen fällt der Lagenbau der migmatischen Gneise ± steil unter die Intrusionen ein und paßt sich ihrer Form an.

Die Intrusivkörper von Sta. Angelica, Castelo und Venda Nova sind konkordante Plutone im Sinne von MARSH (1982).

Der Lagenbau der Gneise verläuft parallel zur Foliation der randnahen Intrusivgesteine.

Ein direkter Kontakt der Intrusiva zum Nebengestein wurde in Sta. Angelica und Castelo nicht beobachtet, eine Übergangszone läßt sich auf 50-100m einengen.

Lediglich in einem Aufschluß bei Venda Nova ist ein scharfer Kontakt zwischen grobkörnigem Granit 1 (Gang, Apophyse ?) und Nebengestein aufgeschlossen (Abb. 5.27).

In einigen Bereichen wurde ein zunehmender Migmatisierungsgrad der Nebengesteine bei Annäherung an die Intrusion beobachtet (Abb. 5.39), sowie beginnende Anatexis (Abb. 5.40).

Die Intrusionsgesteine lassen sich zwei Familien zuordnen, einer gabbroiden bis dioritischen und einer granitisch-granodioritischen.

Alle drei untersuchten Plutone sind in etwa konzentrisch aufgebaut, wobei in Sta. Angelica (Granit 2 und Diorit am Ostrand des Hauptkörpers) und in Venda Nova (Syenomonzonit am Ostrand) periphere Intrusionen zu beobachten sind (Abb. 5.25 und 5.26).

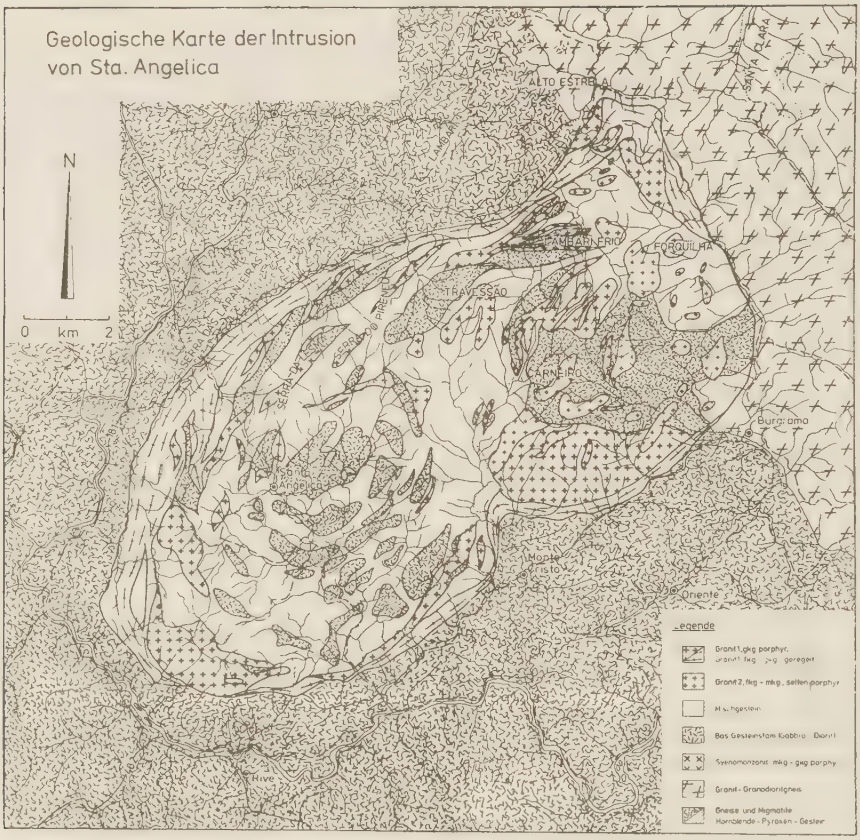


Abb. 5.24: Geologische Karte der Intrusion von Sta. Angelica nach BAYER et al. 1987 (modifiziert)
Der intermediäre homogene Mischgesteinsbereich ist getrennt dargestellt.

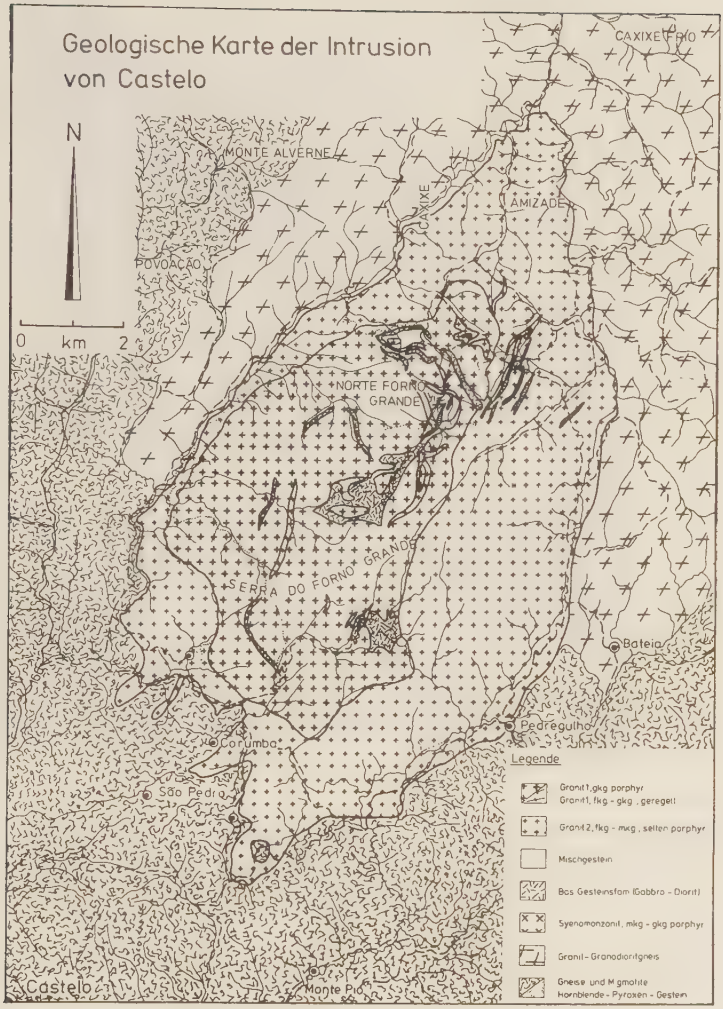


Abb. 5.25: Geologische Karte der Intrusion von Castelo
Deutlich ins Auge fällt der große Anteil der Granite an der Aufschlußfläche.

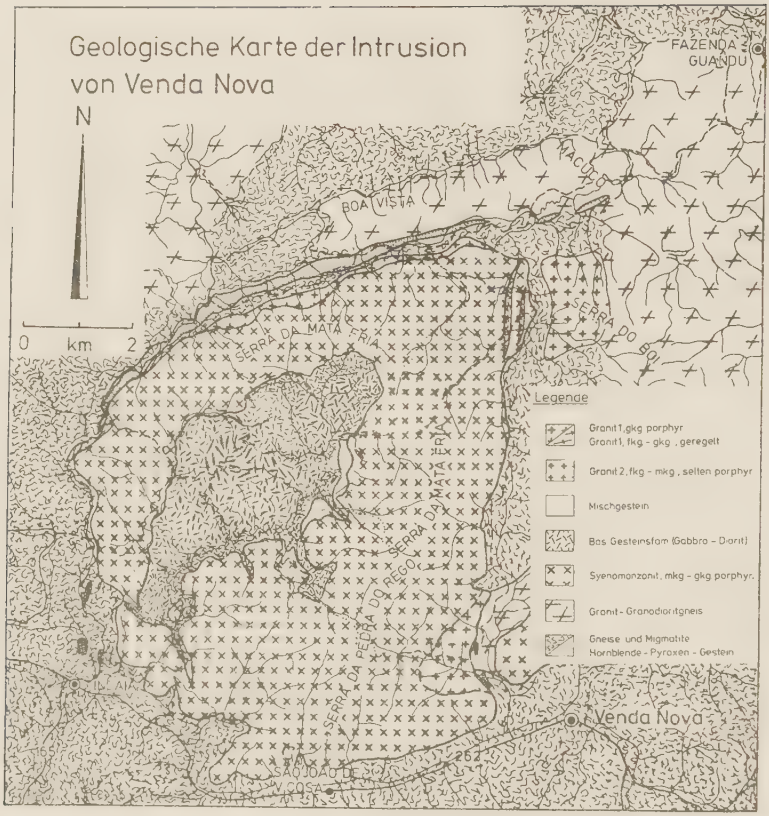


Abb. 5.26: Geologische Karte der Intrusion von Venda Nova
Am Ostrand sind die peripheren Intrusionen zu erkennen. Diese sind vermutlich s-parallel in die Migmatite eingetrungene Syenite.

Abb. 5.27: Scharf ausgebildeter Kontakt zwischen Granit 1 und Nebengestein (Migmatit) in Venda Nova. Der Granit intrudierte teilweise den Migmatit s-parallel. Zwischen Granit 1 und Nebengestein ist eine verfärbte Kontaktzone ausgebildet. Granit 1: ; Kontaktzone: ; Nebengestein: ;

Sta. Angelica (Abb. 5.24)
In der Intrusion von Sta. Angelica nehmen die gabbroiden und dioritischen bis intermediären Mischgesteine (Tab. 5.5) etwa 70% der Ausstrichfläche der Intrusion ein, die granitischen (Tab. 5.6) nur etwa 30%.

Den tief erodierten Zentralbereich der Intrusion bildet grobkörniger Dioritgabbro, der nach außen in überwiegend Diorit und Granodiorit (Mischgestein) übergeht (Tab. 5.5).

Östlich und südöstlich der Ortschaft Sta. Angelica kommt ein feinkörniger, teils porphyrischer Dioritgabbro vor, der Schlieren im grobkörnigen Gabbro bildet (Abb. 5.28), diesen in Schollen (Abb. 5.29) zerlegt oder gangartig intrudiert (Abb. 5.30).

Im feinkörnigen Dioritgabbro treten gelegentlich neben rundlichen, hornblendeführenden und biotitreichen Einschlüssen von bis zu einigen Zentimetern Größe, vor allem im Bereich der Fazenda Bela Aurora, dunkle pyroxenreiche, bis zu 15cm große ovale Einschlüsse mit dunklem Saum und hellem Kontaktbereich zum Gabbro auf. In einem Bachaufschluß im gleichen Gebiet intrudierte ein ähnliches Gestein in Gängen (Abb. 5.31).

Die Granodiorite (Mischgesteine) werden von grobkörnigen Granitschlieren mit deutlicher Paralleltextur durchzogen, deren Anzahl und Mächtigkeit gegen den Rand der Intrusion hin schnell zunehmen, bis der Granit überwiegt (Abb. 5.32).

Die Ausstrichbreite der Granitschlieren im Randbereich kann bis zu einigen Zehnermetern betragen. Sie bilden jedoch zumeist keine zusammenhängenden Lagen, dünnen aus und sind durch dioritische bis granodioritische Bereiche getrennt.

Den Rand der Intrusion bilden unterschiedliche Granite (Granit 1; Granit 2), die zum Zentrum hin von dioritisch-gabbroiden bis granodioritischen und Mischgesteinsbereichen in wechselnder Abfolge abgelöst werden.

Diese basischen Bereiche beginnen im untersuchten Profil (Abb. 5.92, 5.93) mit einer gabbroiden bis dioritischen Zusammensetzung am Innenrand und gehen über in Proben mit dioritischer bis granodioritischer Zusammensetzung am Außenrand.
Dies ist sowohl auf zunehmende Fraktionierung als auch auf intensivere Mischung zwischen Graniten und Diorit zurückzuführen.

Im Zentrum der Intrusion (südöstlich bis östlich der Ortschaft Sta. Angelica) befindet sich noch ein basischer Kernbereich (Dioritgabbro-Diorit).

Im Grenzbereich Granodiorit-Granit treten rundliche Schollen aus Diorit/Granodiorit im Granit auf. Zum Inneren der Granitschlieren hin werden diese Schollen zunehmend länger und ihre Anzahl nimmt ab (Abb. 5.33).

Stellenweise sind diese Schollen so stark gelängt, daß fast "migmatitartige" Strukturen auftreten. Übergänge zwischen beiden Extrema mit noch deutlich erkennbaren Schollen in unterschiedlicher Längung sind häufig (Abb. 5.34).

In einigen Aufschlüssen ist auch eine agmatische Zerlegung des Diorites durch Granit 1 zu sehen (Abb. 5.37).

Im Bereich des NW-Randes von Sta. Angelica kann stellenweise mehrphasige Zerlegung beobachtet werden (Abb. 5.33).
Ein Großfeldspat-reicher matrixarmer Gesteinsbrei intrudiert fein- und mittelkörniges granodioritisches bis dioritisches Mischgestein mit großen zonaren Feldspatblasten. Dieses intrudierte seinerseits einen fein- und einen gröberkörnigen Diorit. Der Kontaktbereich Granit-Basit ist gelegentlich im mm- bis cm-Bereich farblich verändert, was Rückschlüsse auf eine Temperaturdifferenz zuläßt (schnellere Abkühlung; Frittung ?).
Diese Gesteine wurden von einem etwas gröberkörnigen, helleren Gestein mit deutlicher Fließtextur plastisch zerlegt. Die Kontakte sind unscharf ausgebildet, jedoch nicht verfaltet.

Im morphologisch höher liegenden (ca. 500m) Nordostteil der Intrusion ist ein zweiter Granit aufgeschlossen, der mittelkörnig und gelegentlich schwach porphyrisch ist.
Dieser kann schlierig mit dem grobkörnigen Granit 1 durchmischt sein oder scharfe Grenzen zu diesem haben.

Er tritt auch in diskordanten Gängen im Nordostteil der Intrusion und in Gängen und Stöcken im Nebengestein auf. Östlich von Burarama zerlegt er Gabbro/Diorit mit stellenweise großen Feldspatblasten agmatisch (Abb. 5.38).

Die Kontakte sind im mm-Bereich verfärbt. In unmittelbarer Kontaktnähe fehlen Großfeldspäte im Diorit, nehmen aber an Anzahl und Größe mit dem Abstand zu. Auch hier existieren schlierige Mischgesteinsbereiche aus Diorit und Granit 2.

Die Grenze zum Nebengestein (Migmatite und migmatische Gneise) ist nirgends vollständig aufgeschlossen, läßt sich aber auf 50m bis 100m einengen.

Neben einer zunehmenden Migmatisierung ist ein Verschwinden der typischen Bänderung mit Annäherung an den Granit unter Ausbildung feiner lamellierter Lagen im mm-Bereich üblich (Abb. 5.39).
Stellenweise tritt jedoch auch agmatische Zerlegung des Nebengesteins durch den Granit auf (Abb. 5.38).

Selten ist eine plastische Verformung mit beginnender Aufschmelzung zu finden (Abb. 5.40). Diese führt gelegentlich zu kleinräumigen Intrusionen der aus Migmatiten entstandenen Schmelze (Abb. 5.41).

Scharf abgegrenzte Einschlüsse von Migmatit in Granit 1 sind nur von wenigen Stellen bekannt, so etwa oberhalb und östlich der Fazenda Palmital (Abb. 5.42) und westlich der Fazenda Barra Sta. Angelica bei der Einfahrt in den Bereich des Intrusionkörper.

Pegmatite treten gehäuft im höheren nordöstlichen Teil und vereinzelt in den höheren Bereichen der randlichen Berge (im Granit 1) auf.
Sie sind teilweise edelsteinführend (Aquamarin, Turmalin und Rauchquarz) und wurden vorwiegend im Nordostteil abgebaut.

Tabelle 5.5: Durchschnittliche chemische Zusammensetzung der granitischen Gesteine von Sta. Angelica.

	Granit 1 (n=92)					Granit 2 (n=15)				
	MW	Med	Min	Max	StD	MW	Med	Min	Max	Std
Gew.-%										
SiO_2	68.10	67.77	57.73	79.09	4.62	66.29	67.30	60.64	72.45	3.41
Al_2O_3	14.79	14.78	10.64	17.79	1.36	14.92	14.92	11.87	16.49	1.05
FeO	2.10	1.97	0.31	4.67	1.10	3.70	3.26	2.30	6.38	1.25
Fe_2O_3	1.40	1.31	0.21	3.11	0.74	0.66	0.58	0.41	1.13	0.22
MgO	1.14	0.89	0.01	3.53	0.87	1.15	0.99	0.01	2.97	0.89
MnO	0.08	0.07	0.01	0.63	0.08	0.77	0.82	0.01	0.12	0.03
CaO	2.60	2.45	0.32	5.76	1.19	2.99	2.80	1.40	4.74	1.05
Na_2O	2.75	2.75	0.36	4.46	0.91	2.54	2.79	0.87	3.49	0.71
K_2O	4.82	4.91	2.52	7.49	1.14	4.82	5.29	1.99	6.72	1.45
TiO_2	0.69	0.58	0.01	4.21	0.57	0.91	0.70	0.64	1.69	0.36
P_2O_5	0.29	0.19	0.01	3.01	0.38	0.33	0.24	0.07	0.79	0.24
GV	0.63	0.59	0.14	2.52	0.27	0.82	0.69	0.42	3.02	0.63
Summe	99.39					99.90				
ppm										
V	92	69	11	418	78	117	92	62	255	61
Cr	34	34	1	95	21	24	21	1	91	22
Co	10	6	1	115	14	13	11	6	25	7
Ni	29	26	1	139	20	15	13	1	66	17
Cu	24	22	8	83	11	20	21	9	40	9
Zn	156	129	51	1376	136	117	111	88	159	23
Ga	23	23	14	32	3	26	25	19	30	3
Rb	125	117	11	264	43	179	168	111	273	61
Sr	512	456	43	1958	276	564	511	237	936	255
Y	36	33	1	312	34	36	30	14	63	15
Zr	327	286	2	797	194	568	556	329	1104	180
Nb	15	17	1	30	7	22	23	16	30	4
Ba	1299	1287	164	2581	491	1167	1001	529	2066	479
Pb	28	24	10	99	12	34	29	19	80	15
U_2O_3	2	1	1	17	2	2	3	1	4	1

MW=Mittelwert; Med=Medianwert; Min=kleinster Wert; Max=größter Wert;
StD=Standardabweichung;

Tabelle 5.6: Durchschnittliche chemische Zusammensetzung der basischen Gesteine von Sta. Angelica.

	Gabbrodiorit (n=15)					Diorit (n=93)				
	MW	Med	Min	Max	StD	MW	Med	Min	Max	Std
Gew.-%										
SiO_2	49.91	49.24	40.90	59.25	4.23	55.13	55.20	42.35	61.26	3.52
Al_2O_3	15.26	15.36	12.91	16.53	0.98	15.09	15.06	3.88	18.92	1.50
FeO	6.06	6.06	4.53	8.20	1.02	5.21	5.13	3.66	8.41	0.80
Fe_2O_3	3.47	3.42	2.44	5.60	0.45	3.47	3.42	2.44	5.60	0.54
MgO	5.48	5.80	2.78	7.07	1.23	4.03	3.84	2.05	15.41	1.45
MnO	0.13	0.13	0.08	0.21	0.33	0.13	0.12	0.06	0.59	0.05
CaO	7.27	7.10	4.69	10.30	1.59	5.62	5.54	3.68	8.45	0.97
Na_2O	3.14	2.91	0.94	4.53	1.05	2.85	2.81	0.83	4.77	0.89
K_2O	2.77	2.81	1.49	4.25	0.69	3.56	3.52	1.99	5.50	0.62
TiO_2	2.64	2.64	1.84	3.53	0.47	2.21	2.17	1.23	3.39	0.48
P_2O_5	1.46	1.58	0.48	2.12	0.47	1.22	1.18	0.58	2.04	0.36
GV	0.53	0.55	0.00	1.37	0.33	0.66	0.61	0.00	1.85	0.29
Summe	98.12					99.18				
ppm										
V	340	359	189	508	95	259	256	53	654	91
Cr	66	64	35	121	22	62	56	21	177	28
Co	40	35	12	112	23	24	23	4	102	14
Ni	43	43	26	69	11	38	35	4	99	18
Cu	48	41	26	113	21	36	33	15	126	16
Zn	132	131	79	186	29	139	134	89	208	24
Ga	24	24	17	32	4	25	26	3	36	4
Rb	65	59	24	110	24	102	90	36	321	47
Sr	1115	1200	121	1545	358	963	999	250	1371	215
Y	43	43	16	62	12	46	47	9	141	17
Zr	375	401	81	758	192	431	435	37	1290	188
Nb	24	24	17	28	3	23	24	14	35	3
Ba	1640	1777	609	2360	472	1695	1666	100	3129	526
Pb	22	23	11	33	5	29	24	13	184	21
U_2O_3	1	1	1	3	1	2	1	1	7	1

MW=Mittelwert; Med=Medianwert; Min=kleinster Wert; Max=größter Wert;
StD=Standardabweichung;

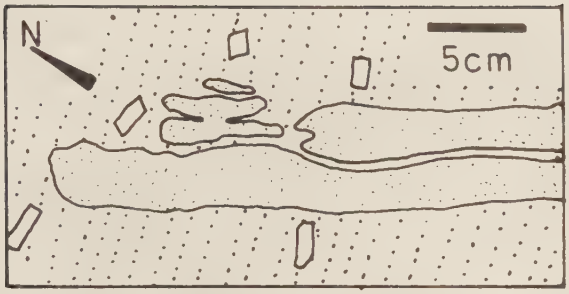


Abb. 5.28: Größere, einzelne Schliere von feinkörnigem Dioritgabbro in grobkörnigem Dioritgabbro. Die Kalifeldspäte sind in etwa eingeregelt. Aufschluß bei der Fazenda Bela Aurora.
Gkg. Gabbro: ; fkg. Gabbro:

Abb. 5.29: Grobkörniger Gabbrodiorit (weit punktiert) wird von feinkörnigem Gabbrodiorit (eng punktiert) schollig zerlegt. Der grobkörnige Dioritgabbro zeigt bis 5cm große Biotittafeln.

Abb. 5.30: Feinkörniger Gabbrodiorit zerlegt grobkörnigen . Gelegentlich können graduelle Übergänge beobachtet werden. Im rechten Teil ist Mischgestein aufgeschlossen.
Aufschluß in der Nähe der Fazenda Bela Aurora.

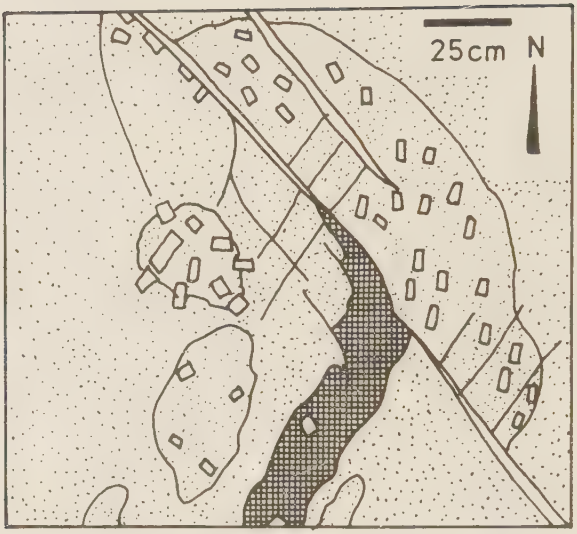


Abb. 5.31: Ein dunkles, pyroxenreiches Gestein (▦) durchdringt den grobkörnigen Dioritgabbro (:::) in dem seinerseits Linsen mit Großfeldspäten eingelagert sind.
Aufschluß Bachbett in der Nähe der Fazenda Bela Aurora.

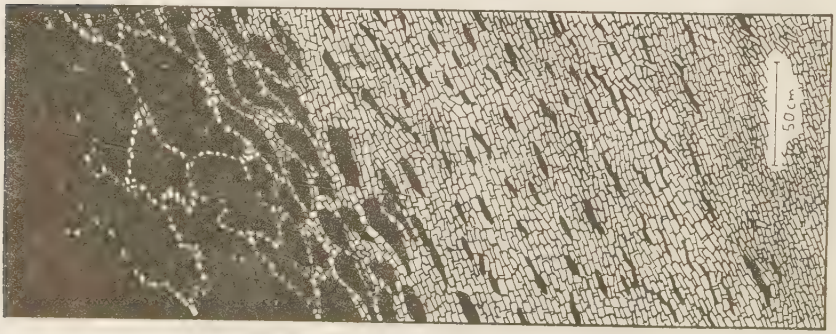


Abb. 5.32: Übergang zwischen feinkörnigem Diorit (schwarz) und einer Granitschliere (Granit 1). Der Diorit (Mischgestein) erscheint in einzelne rundliche Schollen zerlegt, deren Anzahl und Größe zum Inneren der Granit-Schliere hin abnimmt. Der Übergangsbereich enthält einzelne ummantelte Großfeldspäte.
Nordwestrand der Intrusion oberhalb der Escola das Laranjeiras

Abb. 5.33 :

Diorit-Schollen in Granit 1.
Unterschiedliche Stadien der Vermischung und Auflösung sind zu erkennen.
Aufschluß am Westrand oberhalb der Fazenda Barra da Igreja

Abb. 5.34:

Migmatit-Strukturen im Übergangsbereich.
Die dioritischen Mischgesteinsschlieren sind extrem gelängt.Im unteren Bereich des Bildes verläuft eine Scherzone.
Aufschluß oberhalb (östlich) der Fazenda Barra da Igreja

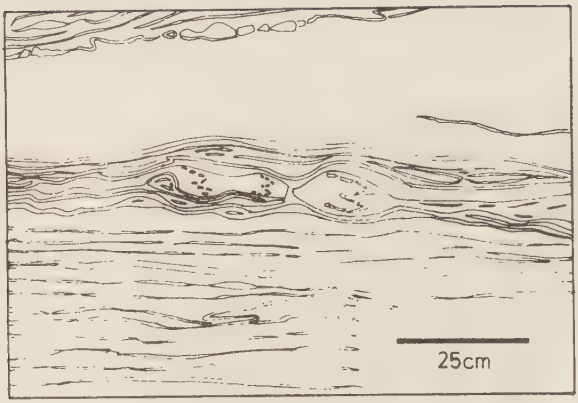


Abb. 5.35: Boudinierte Granit 1-Partien im Randbereich der Intrusion. Östlich von Laranjeiras.

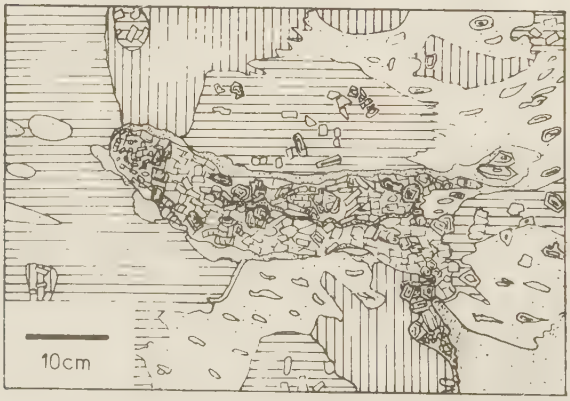


Abb. 5.36: Verschiedene Phasen von Granit und Diorit im Übergangsbereich. Granit 1 mit vorwiegend Großfeldspäten ( ). Mittelkörniger Diorit ( ). Diorit mit Großfeldspäten ( ). Granodiorit mit gelängten Großfeldspäten ( ).
Ein mittelkörniger Diorit wurde zuerst von Diorit (mit und ohne Einsprenglinge) und dann von Granit 1 intrudiert.

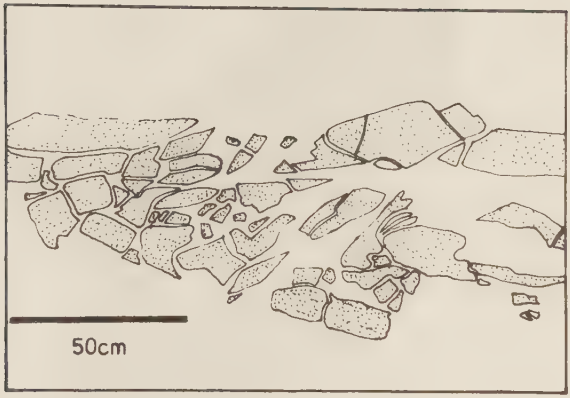


Abb. 5.37: Agmatische Zerlegung von Diorit (gepunktet) durch Granit 1 (weiß). Aufschluß auf der Nordwestseite der Intrusion von Sta. Angelica oberhalb der Pedreira das Laranjeiras.

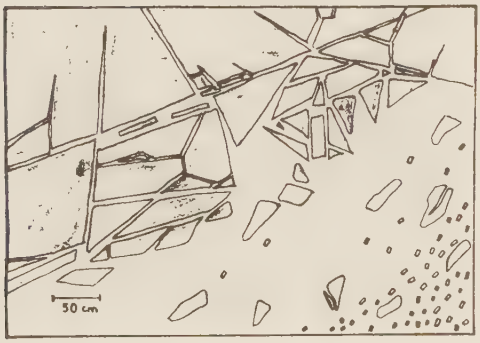
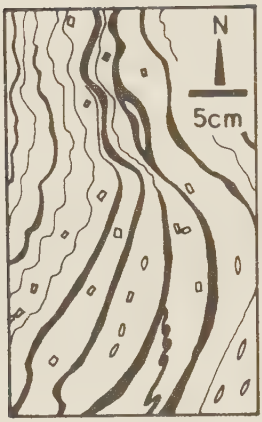


Abb.5.38: Kontakt zwischen Granit 2 und feinkörnigem Dioritgabbro. Mit zunehmender Entfernung vom Kontakt nehmen Feldspäte an Größe und Häufigkeit zu. Der unmittelbare Kontaktbereich ist verfärbt. Oberhalb der Fazenda Petropolis.

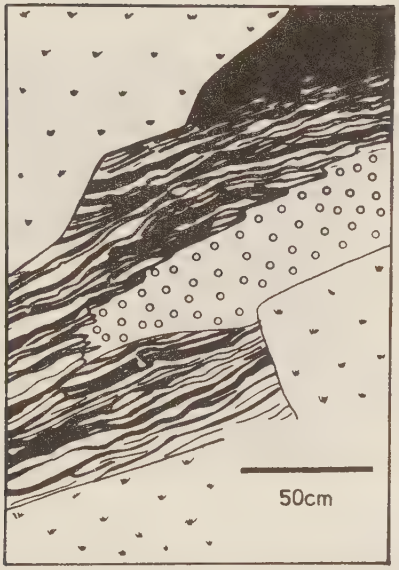


a

b

c

Abb. 5.39: Die für den Migmatit typische Bänderung (a) wird zunehmend plastisch deformiert und verfaltet (b), bis ein fast gleichförmiges, im mm-Bereich gebändertes, plastisch verformtes Gestein auftritt (c).
Aufschlüsse am Südrand der Intrusion zwischen Rive und Fazenda Barra Sta. Angelica



a

b

Abb. 5.40: S-parallele (a) und schollige (b) Zerlegung des Nebengesteins durch eingedrungenen Granit 1.
Granit 1: ;Migmatit: ;
feinkörnige granitische Schmelze: ;
Nordwest-Rand der Intrusion

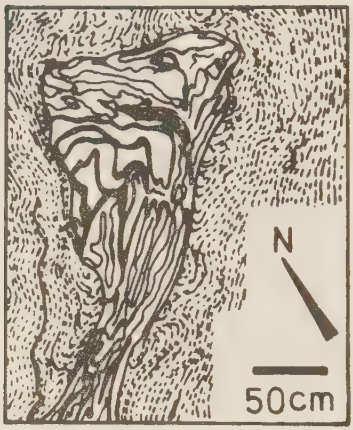


Abb. 5.41: Im Einflußbereich der Intrusion intrudieren hochplastische angeschmolzene Migmatite Nebengestein.
Nördlich von Rive

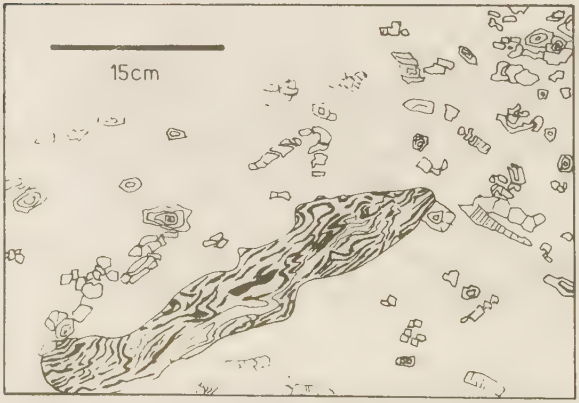


Abb. 5.42: Nebengesteinseinschluß (Migmatit) in Granit J oberhalb der Fazenda Palmital.

Castelo (Abb. 5.25)
In der Intrusion von Castelo sind vorherrschend granitische Gesteine aufgeschlossen (Tab. 5.7).
Dioritische und granodioritische (Misch-) Gesteine (Tab. 5.8) sind die basischsten Glieder der Gesteinsabfolge. Sie sind auf einige tief erodierte Kessel und ein schmales NE-SW-verlaufendes Tal im Zentralbereich des Intrusivkörpers beschränkt und nehmen maximal 20% der Ausbißfläche ein.

Die umliegenden, steil aufragenden Hügelketten bestehen aus grobkörnigem Granit, der dem Granit 1 von Sta. Angelica gleicht (Tab. 5.5).

In einer geringmächtigen Zone (5-10m) zwischen den dioritischen Gesteinen und dem Granit sind diese vom Granit agmatisch (Abb. 5.43) oder in ovale Schollen (Abb. 5.44) zerlegt. Untergeordnet kommt auch schlierige Durchmischung vor. Im Bereich zwischen den Schollen herrscht Gestein mit granodioritischer Zusammensetzung vor.

Den Randbereich der Intrusion bildet ein fein- bis mittelkörniger Granit (Tab. 5.7) von grauer bis blaugrauer, selten gelbgrauer, zuweilen auch rötlicher Farbe, ähnlich dem Granit 2 von Sta. Angelica.

Dieser Granit wurde an Klüften und in Form von Gängen von hellem, grobkörnigem Granit 1 (Abb. 5.45) intrudiert, wie auch der Granit 1 im Inneren des Intrusionskörpers von aplitischen bis granitischen Gängen zuweilen netzartig zerlegt wird (Abb. 5.46).

Pegmatitgänge (bis 2m mächtig) durchziehen in NE-SW-Richtung den Zentralbereich und wurden dort auf Turmalin und Aquamarin abgebaut.
Sie kommen auch als geringmächtige Kluftfüllungen in den Graniten vor (Abb. 5.47). Dort ist eine pegmatitische Kernzone von feinkörnigeren Bereichen (aplitisch) gegen das Salband begrenzt, welches von Großfeldspäten (Stockscheiderfeldspäte) gebildet wird, die parallel zur Schieferung (bzw. Fließrichtung) des Granites ausgerichtet sind. Gold-Quarz-Gänge und goldhaltige Seifen wurden ebenfalls abgebaut.

Die Grenze zum Nebengestein läßt sich meist auf unter 100m einengen. Sie ist stellenweise durch eine bis zu 700m hohe Steilstufe markiert.
Im Nordteil der Intrusion finden sich Nebengesteinslagen ± horizontal dem feinkörnigen Granit eingelagert. Von der Unterseite dieser Einschlüsse sind Teilstücke in Form von Schuppen und Fischen (dezimeter- bis metergroß) abgelöst und "schwimmen" im Granit.

Mit Ausnahme des NE-Teils, wo Granit-Granodiorit-Gneis unmittelbar an den Intrusionskörper grenzt, bilden sonst Migmatite und migmatische Gneise den Rahmen.

Tabelle 5.7: Durchschnittliche chemische Zusammensetzung der granitischen Gesteine von Castelo.

	Granit 1 (n=42)					Granit 2 (n=25)				
	MW	Med	Min	Max	StD	MW	Med	Min	Max	Std
Gew.-%										
SiO_2	66.88	66.48	59.18	76.13	4.12	68.50	67.71	61.89	76.53	4.32
Al_2O_3	14.62	14.44	12.73	18.82	1.18	14.36	14.30	11.81	16.37	0.88
FeO	2.88	2.99	0.51	6.10	1.30	3.30	3.51	0.86	5.95	1.61
Fe_2O_3	1.92	1.99	0.34	4.06	0.87	0.58	0.62	0.15	1.05	0.29
MgO	1.27	1.17	0.12	3.23	0.79	1.11	0.99	0.01	2.44	0.75
MnO	0.09	0.08	0.02	0.23	0.04	0.71	0.71	0.02	0.12	0.29
CaO	2.57	2.38	0.24	5.38	1.14	2.32	1.99	1.29	4.43	0.93
Na_2O	1.84	1.86	0.14	3.87	0.79	1.99	1.80	0.49	4.38	0.89
K_2O	5.07	5.18	0.15	6.53	1.12	5.05	5.10	2.98	5.97	0.72
TiO_2	0.92	0.93	0.05	1.78	0.53	0.73	0.73	0.09	1.74	0.48
P_2O_5	0.39	0.39	0.01	0.98	0.25	0.32	0.31	0.01	1.08	0.28
GV	0.76	0.68	0.38	4.20	0.58	0.80	0.63	0.43	2.69	0.55
Summe	99.21					99.77				
ppm										
V	108	100	6	244	65	94	90	18	249	58
Cr	35	33	1	102	21	32	30	1	78	18
Co	10	9	3	30	6	9	7	3	28	6
Ni	27	24	6	67	14	27	27	11	43	8
Cu	25	24	10	69	11	23	22	6	37	7
Zn	146	142	78	232	31	145	141	88	212	28
Ga	25	25	19	32	3	24	23	17	31	3
Rb	183	180	93	281	46	209	214	79	447	68
Sr	510	473	122	1049	211	430	398	79	1098	218
Y	42	45	1	83	21	44	47	1	128	26
Zr	548	514	26	1757	320	479	517	83	899	220
Nb	22	23	12	32	4	21	22	4	26	6
Ba	1177	1200	450	2012	394	1044	1039	1	2468	501
Pb	42	38	17	158	23	52	43	18	224	40
U_2O_3	4	3	1	16	3	5	4	1	11	2

MW=Mittelwert; Med=Medianwert; Min=kleinster Wert; Max=größter Wert;
StD=Standardabweichung;

Tabelle 5.8: Durchschnittliche chemische Zusammensetzung der basischen und intermediären Gesteine von Castelo.

	Gabbrodiorit (n=4)					Diorit (n=27)				
	MW	Med	Min	Max	StD	MW	Med	Min	Max	Std
Gew.-%										
SiO_2	52.43	51.22	50.19	57.11	3.16	55.23	55.20	51.90	60.07	2.45
Al_2O_3	14.04	13.76	12.11	16.55	1.89	14.58	14.45	13.42	16.10	0.67
FeO	6.13	6.63	4.17	7.06	1.31	5.63	5.71	3.97	6.50	0.51
Fe_2O_3	4.09	4.42	2.78	4.70	0.88	3.75	3.81	2.64	4.34	0.34
MgO	5.34	4.48	3.56	8.12	2.02	3.92	3.86	1.98	5.11	0.69
MnO	0.14	0.14	0.11	0.16	0.02	0.13	0.13	0.04	0.17	0.03
CaO	6.52	6.51	5.76	7.31	0.65	5.39	5.56	3.01	6.43	0.83
Na_2O	3.07	3.06	1.57	3.96	1.09	2.44	2.15	0.99	4.76	1.08
K_2O	2.48	2.51	1.60	3.09	0.65	3.46	3.43	2.39	4.55	0.49
TiO_2	2.49	2.90	1.01	3.16	1.00	2.34	2.30	1.14	3.09	0.48
P_2O_5	1.61	1.87	0.29	2.18	0.89	1.45	1.39	0.60	2.09	0.37
GV	0.69	0.66	0.25	1.18	0.38	0.81	0.61	0.24	3.08	0.67
Summe	99.03					99.13				
ppm										
V	295	95	38	718	314	292	281	153	473	74
Cr	72	64	46	103	25	65	57	25	152	26
Co	53	38	24	112	40	25	24	4	43	9
Ni	49	52	27	66	17	42	37	19	115	20
Cu	50	49	18	86	29	42	40	26	115	20
Zn	141	142	124	155	13	147	144	110	203	25
Ga	21	21	20	23	1	24	24	19	32	3
Rb	64	62	51	81	12	94	90	58	184	25
Sr	995	1031	501	1395	383	1109	1123	588	2165	305
Y	43	47	17	60	18	54	55	34	71	8
Zr	332	299	54	758	18	398	423	158	697	160
Nb	23	24	15	28	6	24	24	20	29	2
Ba	1281	985	383	2316	867	1837	1772	890	3396	640
Pb	21	18	13	31	8	30	27	20	94	14
U_2O_3	2	2	1	3	1	2	2	1	9	2

MW=Mittelwert; Med=Medianwert; Min=kleinster Wert; Max=größter Wert; StD=Standardabweichung;

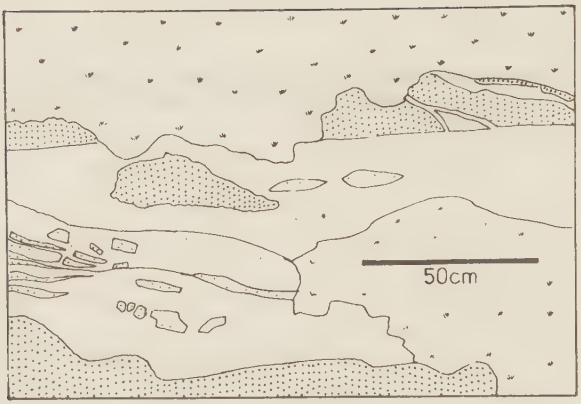


Abb. 5.43: Agmatische Zerlegung des dioritischen Mischgesteins durch Granit 1 im Kontaktbereich Granit-Diorit.
Aufschluß im Sta. Clara Tal.

Abb. 5.44: Grenzbereich zwischen dioritischem Kernbereich und überlagerndem Granit 1 unter Schollenbildung. Vorderer Talbereich bei der Fazenda Sta. Clara.
Granit 1: ; Dioritgabbro: ; Bewuchs: ;

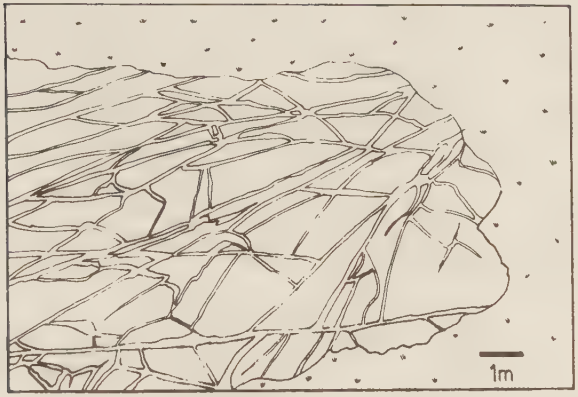


Abb. 5.45: Zerlegung von Granit 1 durch einen feinkörnigen, helleren, titanitführenden Granit.
Südwestlich der Igreja Sta. Clara

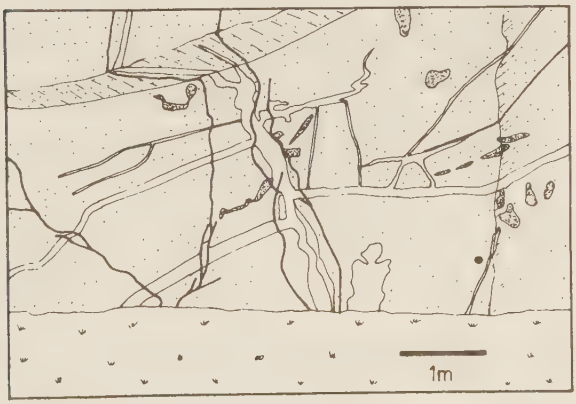


Abb. 5.46: Zerlegung des Granit 1 ( ) durch helle, feinkörnige, aplitische Gänge.
Dunkle, mafische Einschlüsse: ;
Aufschluß unterhalb des Forno Grande

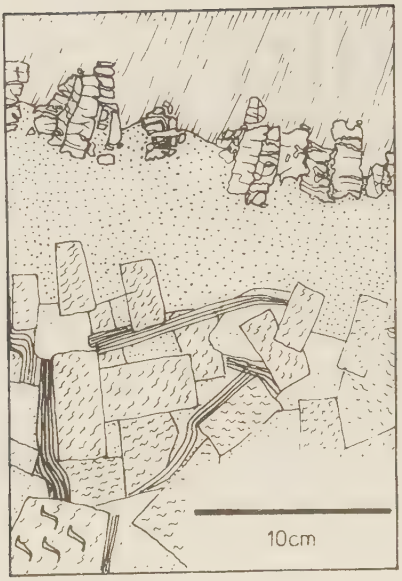


Abb. 5.47: Pegmatit mit parallel zum s ausgerichteten Feldspäten (Stockscheiderfeldspäte) am Salband und feinkörniger Übergangszone.
Diese leitet zum eigentlichen pegmatitischen Bereich der zentralen Zone mit schriftgranitischen Verwachsungen über.
Aufschluß an der Vereinigung des Corrego Picada mit dem Corrego da Campina.

Venda Nova (Abb. 5.26)
In der Intrusion von Venda Nova sind die morphologischen Höhenunterschiede weniger deutlich ausgebildet als in Sta. Angelica und Castelo.
Im Unterschied zu den beiden anderen Intrusionen sind die basischen Schmelzen nicht nur in ovaler Form sondern gelegentlich auch taschenartig ins Nebengestein intrudiert.

Im Zentralbereich sind ebenfalls grobkörnige und feinkörnige gabbroide Gesteine (Tab. 5.9) anzutreffen.
Beide Gesteine zeigen graduelle Übergänge ohne scharfe Grenzen. Der grobkörnige Gabbro kommt als Schollen im feinkörnigen Gabbro vor.

Die Grenze zum Syenomonzonit (Tab. 5.9), der einen Großteil der aufgeschlossenen Fläche einnimmt, ist meist scharf (1-5m), selten schlierig mit Schollenbildung.

Dunkle ovale Einschlüsse (Diorit) bis 20cm Länge sind nördlich und nordöstlich der Capela da Nossa Senhora do Carmo in einer Übergangszone im Syenit vorhanden.

Der Syenomonzonit ist grobkörnig mit bis zu 5cm großen Alkalifeldspäten und enthält feinkörnige, dunkle, rundliche Einschlüsse von 5 bis 30cm Größe.

Er ist stellenweise randlich mit grobkörnigem Granit (Tab. 5.10) schlierig durchsetzt, hat aber überwiegend graduelle Übergänge und wenig scharfe Kontakte zum Granit ausgebildet.

Eine gleichkörnige Varietät des Granits (Tab. 5.10) ist an einigen Stellen, vorwiegend im südlich-südöstlichen Randbereich aufgeschlossen und nicht scharf vom Granit 1, zu dem graduelle Übergänge bestehen, abzugrenzen.

Die Minerale des Granit 1 sind parallel zum umlaufenden Streichen des Migmatits ausgerichtet.

Die Grenze zum Nebengestein ist auf bis zu 50m einengbar und an einer Stelle (Abb. 5.28) aufgeschlossen. Dort ist eine scharfe Grenze zwischen Granit 1 (Gang, Apophyse ?) und einem granulitfaziellen Gneis zu beobachten, getrennt durch einen hellen Saum.

Gewöhnlich wird die Grenze durch eine mehr oder weniger breite Zone zerlegten (und intrudierten) Nebengesteins und Granit mit Migmatitschollen (und Kalksilikateinschlüsse) gebildet.
Im Südosten sind scharfe Grenzen zwischen Syenit und eingelagerten granulitfaziellen Gesteinsschollen zu sehen (Abb. 5.48).

Pegmatite wurden in Venda Nova nur in geringer Anzahl und Mächtigkeit gefunden, was entweder auf ein tiefes Anschnittniveau oder den überwiegenden basischen Charakter zurückzuführen ist.

Tabelle 5.9: Durchschnittliche chemische Zusammensetzung der basischen und intermediären Gesteine von Venda Nova.

	Gabbrodiorit (n=8)					Diorit (n=15)					Syenomonzonit (n=18)				
	MW	Med	Min	Max	StD	MW	Med	Min	Max	Std	MW	Med	Min	Max	Std
Gew.-%															
SiO_2	48.50	48.75	43.07	50.88	2.46	52.73	53.38	46.80	60.14	3.84	58.59	58.78	54.85	60.32	1.29
Al_2O_3	13.89	15.28	7.19	18.00	4.13	16.90	16.59	14.59	19.61	1.78	18.71	18.93	16.38	22.62	1.70
FeO	6.13	5.88	5.22	6.97	0.64	4.31	3.98	1.79	7.06	1.36	3.47	3.47	2.36	4.58	0.70
Fe_2O_3	4.09	3.92	3.48	4.64	0.43	2.87	2.65	1.19	4.70	0.91	2.31	2.32	1.57	3.06	0.46
MgO	9.45	5.93	4.09	19.38	6.02	4.17	3.45	1.95	7.92	1.97	2.03	1.85	0.95	3.98	0.84
MnO	0.23	0.21	0.13	0.50	0.12	0.12	0.11	0.06	0.16	0.03	0.11	0.11	0.05	0.20	0.04
CaO	7.51	6.62	5.36	11.44	2.38	5.81	5.10	3.46	9.75	2.22	4.33	4.00	2.20	7.41	1.35
Na_2O	3.30	3.36	1.80	4.54	1.02	4.61	4.39	3.37	6.62	1.00	2.67	2.10	1.16	5.60	1.16
K_2O	2.21	2.04	0.71	4.20	1.36	3.94	4.25	1.21	7.36	1.90	4.73	5.30	1.14	6.53	1.70
TiO_2	1.98	2.24	1.23	2.58	0.61	1.89	1.84	0.77	3.21	0.58	1.15	1.13	0.75	1.70	0.25
P_2O_5	1.04	1.19	0.50	1.46	0.41	0.96	0.97	0.22	1.88	0.43	0.45	0.40	0.18	0.89	0.18
GV	0.35	0.29	0.10	0.59	0.18	0.59	0.49	0.13	1.86	0.40	0.56	0.39	0.18	2.24	0.48
Summe	98.68					98.90					99.11				
ppm															
V	283	254	170	401	74	206	180	103	357	85	129	121	71	216	40
Cr	168	75	41	459	172	52	41	25	103	22	45	43	18	82	15
Co	128	31	18	590	194	20	6	4	51	18	12	6	3	64	16
Ni	68	37	25	151	51	28	23	11	50	12	23	25	1	40	10
Cu	41	40	31	52	8	33	31	18	49	10	31	29	15	51	9
Zn	109	106	76	137	19	113	108	82	148	18	106	111	51	140	23
Ga	23	23	17	32	5	25	25	19	31	4	26	27	17	32	4
Rb	32	34	19	57	13	55	66	25	76	19	74	78	31	94	17
Sr	1400	1374	792	1970	410	1376	1368	464	1850	352	1014	1078	382	1293	290
Y	47	41	21	93	25	64	66	31	116	24	65	64	26	98	22
Zr	314	292	105	666	183	486	509	161	761	157	549	569	1	945	292
Nb	24	24	18	31	5	22	24	10	26	4	22	24	9	27	6
Ba	1994	1782	434	3108	1103	2851	2891	761	4297	967	2846	2943	257	6007	1324
Pb	22	20	13	37	8	22	24	9	31	7	21	22	10	35	6
U_2O_3	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0

MW=Mittelwert· Med=Medianwert; Min=kleinster Wert; Max=größter Wert;
StD=Standardabweichung;

Tabelle 5.10: Durchschnittliche chemische Zusammensetzung der granitischen Gesteine (n=9) in Venda Nova.

	MW	Med	Min	Max	StD
Gew.-%					
SiO_2	68.85	68.56	62.39	74.63	4.44
Al_2O_3	15.57	14.77	14.09	17.89	1.40
FeO	1.90	2.41	0.65	3.31	1.08
Fe_2O_3	1.27	1.61	0.43	2.21	0.72
MgO	1.11	1.31	0.29	1.87	0.65
MnO	0.07	0.07	0.01	0.11	0.04
CaO	2.47	2.84	0.34	5.13	1.79
Na_2O	2.47	2.16	1.58	3.76	0.82
K_2O	3.85	4.78	1.18	6.23	2.19
TiO_2	0.59	0.55	0.18	1.22	0.33
P_2O_5	0.19	0.13	0.06	0.64	0.18
GV	1.13	0.99	0.30	2.71	0.81
Summe	99.47				
ppm					
V	82	90	25	139	45
Cr	28	32	1	54	16
Co	15	6	4	35	12
Ni	22	23	1	38	11
Cu	28	23	11	65	19
Zn	114	104	84	158	27
Ga	20	22	14	23	3
Rb	86	89	42	134	32
Sr	326	238	161	798	202
Y	61	32	2	251	78
Zr	358	164	150	1070	310
Nb	11	12	4	20	5
Ba	981	862	61	2380	622
Pb	16	14	10	23	5
U_2O_3	1	1	1	2	1

MW=Mittelwert; Med=Medianwert; Min=kleinster Wert; Max=größter Wert; StD=Standardabweichung;

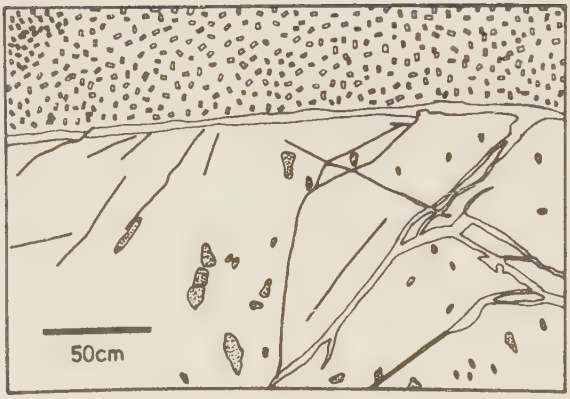


Abb. 5.48: Scharfe Grenze zwischen Granit 1 (grobkörnig) und granulitfaziellem Nebengestein.
Die eingelagerten Nebengesteinsschollen stehen ±senkrecht und zeigen makroskopisch wenig intrusionsbedingte Veränderung.
Die Regelung streicht im Winkel zur Fließrichtung des Syenits.
Tal oberhalb der Fazenda Alto da Bananeiras

Granit: ; Einschlüsse: ;

5.3.1. Gabbroide Gesteine (Tab. 5.12)

Die gabbroiden Gesteine nehmen etwa ein Viertel der Fläche der Intrusion von Sta. Angelica ein (in Castelo und Venda Nova weniger). Sie sind von dunkelgrauer bis grünlicher Farbe und kommen in zwei Ausbildungen vor:
Der eine Gesteinstyp ist regellos grobkörnig. Der zweite, feinkörnige zerlegt den grobkörnigen in kleinere Schollen (Abb. 5.33) und größere rundliche Körper. Er zeigt Fließtextur und serial-porphyrisches Gefüge. Gelegentlich finden sich darin Hornblende-Biotit- bzw. plagioklasreiche Einschlüsse.

Beide Gesteinstypen weisen ähnliche modale Zusammensetzung auf. Es sind Zweipyroxen-Biotit-Monzogabbros und Monzodiorite (vgl. Tab.5.11 der modalen Zusammensetzung nach SCHMIDT-THOME, 1987 und Tab. 5.13).

Die Grenze zwischen beiden Gesteinen ist oft scharf, aber auch fließende Übergänge sind zu beobachten.

Beide gabbroiden Gesteine besitzen ähnliche chemische Komposition und Verteilung der Proben in den Diagrammen.

Die K-, Ti- und P-Werte sind im Vergleich zu Normalgabbros und -dioriten nach NOCKOLDS et al. (1954) stark erhöht, ebenso treten relativ hohe Glühverluste (bis 2%), bei gleichfalls hohen Hornblende- und Biotitgehalten auf.

Normal bis erniedrigt sind die Na-Gehalte sowie die Werte für die anderen LIL-Elemente und Cr, Ni und Co.

Nb ist $\pm$ konstant, aber leicht erhöht.

Die Gehalte an Rb, Sr und die Rb/Sr-Quotienten deuten im Vergleich zu den Werten von SCHROLL (1967) und WEDEPOHL (1978) auf Mantel- oder Unterkruste-Mantel-Grenzbereich hin.

Im Diagramm nach PEACOCK (1931) ergeben sich SiO_2-Gehalte von 45-50% und damit eine alkalische Zusammensetung (Abb. 5.49).

5.3.1.1. Grobkörnige gabbroide Gesteine

Pyroxen ist hypidiomorph ausgebildet, größere Körner sind manchmal zerbrochen. Orthopyroxen, der in freien Körnern vorkommt, aber auch oft von Biotit und Plagioklas eingeschlossen wird, ist Hypersthen, Klinopyroxen ist diopsidischer Augit.
Beide Pyroxene haben keine Entmischungslamellen, sind aber von feinen Ilmenitschüppchen orientiert durchsetzt. Umwandlungsprodukte in Form von Säumen aus Epidot oder grüner Hornblende und Karbonatnadeln sind zu beobachten.

Biotit:
Rotbrauner, titanreicher Biotit tritt in hypidiomorphen bis xenomorphen Körnern und Aggregaten bis 1cm Größe auf. Die Körner sind häufig leicht verbogen und zeigen undulöse Auslöschung.
Biotit schließt alle anderen Minerale mit Ausnahme von Orthoklas und Quarz ein, mit dem er aber Symplektite bildet.

Plagioklas:
Hypidiomorph, 0.5 bis 3mm groß, zeigt er oft Zonarbau (Kern: An46-An57; Rand: An32-An42).
Gelegentlich von Antiperthitspindeln durchsetzt, besitzen die Körner oft geknickte oder verbogene Zwillings-Lamellen.
An Korngrenzen von Plagioklas/Kalifeldspat haben sich Myrmekite gebildet, und in einem schmalen Saum tritt bei den Albitlamellen Auslöschungsumkehr auf.

Kalifeldspat:
Geringes Vorkommen von mikroperthitischem Orthoklas in xenomorpher, lappiger Ausbildung. Myrmekitartige Strukturen sind an Korngrenzen zu Biotit, Pyroxen und Plagioklas zu beobachten.
Selten tritt auf Spaltrissen in Biotit Mikroklin auf.

Quarz erscheint überwiegend als Myrmekitquarz und untergeordnet in unregelmäßigen Körnern.

Apatit zeigt sich in Form kurzer, dicker Prismen, die im Kern länglich ausgebildete Individuen einer älteren Generation besitzen.

Die vorherrschende Erzphase ist Ilmenit. Magnetit, Zirkon und Titanit treten nur sehr selten in Erscheinung.

5.3.1.2. Feinkörniger, porphyrischer Dioritgabbro

Der Mineralbestand entspricht dem der grobkörnigen Gesteine.
Die Größe der Pyroxene und Plagioklase schwankt zwischen 0.3 und 3.5mm.
Zonierte Plagioklas-Einsprenglinge ähneln denen des grobkörnigen Gesteins (Kern: An55-An45; Rand: An30-An37).

5.3.2. Intermediäre Gesteine

5.3.2.1. Granodioritisch-dioritische Mischgesteine (Tab. 5.12)

Sie sind im Gelände von den dioritischen/gabbroiden Gesteinen nicht scharf abgrenzbar, sondern zeigen ± kontinuierliche Übergänge zu diesen, was sich in einer gleichförmigen Veränderung des Chemismus in den Verteilungsdiagrammen andeutet.

In Textur und Korngröße gleichen sie den gabbroiden Gesteinen. Makroskopische Unterschiede sind eine etwas hellere Farbe, oft Quarzführung und gelegentliche dunklere basischere Einschlüsse.
Diese Gesteine, treten in vielen Bereichen Sta. Angelicas zusammen mit helleren Granit- und Granodioritschlieren auf. Bezogen auf die gesamte aufgeschlossene Fläche stellen sie den größten Anteil an den Intrusivgesteinen.
In unmittelbarer Nachbarschaft (im Abstand von wenigen mm bis cm) zu den Granitschlieren treten oft feinkörnige granodioritische Gesteine mit Fluidaltextur und ummantelten Feldspäten auf.

Durch Aufstiegsfraktionierung aus der basischen Mantelschmelze entstanden, zeigen sie deutliche Hinweise auf Veränderung durch Kontamination und Mischung mit granitischer Schmelze.

Mikroskopische Untersuchungen (SCHMIDT-THOME 1987) belegen die Genese durch mechanische Durchmischung.

Außer dem Vorkommen von dunklen feinkörnigen basischen Einschlüssen in den granodioritischen Gesteinen spricht die Häufung von ummantelten Mineralen dafür.

Pyroxen wird von Hornblende umlagert und dann kontinuierlich vollständig ersetzt. Diese hypidiomorphen Körner (0.6-1.5mm) sind oft mit Quarz poikilitisch verwachsen und besitzen als Einschlüsse kleine Ilmenit- und Epidotkörner. Mikroskopisch konnte hastingsitische Hornblende festgestellt werden. Ihrerseits wird Hornblende von Biotit verdrängt.

Biotittafeln, bis Zentimetergröße, sind als braungrüne bis grüne eisenreiche Glieder der Biotitfamilie vertreten.

Plagioklas ist weniger häufig als in den gabbroiden Gesteinen vertreten. Neben normal zonierten Plagioklasen (Kern: An52-An35; Rand: An30-An20) sind im Bereich von Granitschlieren auch invers zonierte Feldspäte zu beobachten, welche oft Anzeichen von Korrosion aufweisen. An Grenzen zu Kalifeldspäten werden ebenfalls oft Korrosionsspuren beobachtet. Die Matrixplagioklase haben ebenfalls An20-An30.

Große Plagioklase können auch skelettartige Mikroklineinschlüsse aufweisen, die alle gleich orientiert sind. Der Plagioklas löscht dann meist diffus aus und ist häufig in Subkörner zerlegt, welche durch geknickte Albitzwillingslamellen gekennzeichnet sind.

Kalifeldspat (xenomorph) liegt als gering geordneter mikroperthitischer Mikroklin vor, der häufig kleine Plagioklase einschließt.

Quarz, xenomorph mit undulöser Auslöschung, besitzt Subkornbau. Er ist oft poikilitisch mit Hornblende und symplektisch mit Biotit verwachsen (Koronastrukturen: Px, Amph, Bio). Myrmekite sind ebenfalls nicht selten.

Bei den Großfeldspäten treten neben Umwandlungen von Plagioklas um Kalifeldspat (1) auch solche mit Kalifeldspat um Plagioklas (2) auf.

1. Kalifeldspat (Mikroklin) ist von einem schmalen Oligoklassaum umgeben, der entweder aus einer einheitlichen Schale oder aus zahlreichen, optisch in etwa gleich orientierten Individuen besteht. Mikroklin zeigt entweder parallel zu den Korngrenzen orientierte Perthitlamellen (hochgeordnet) oder diffus verteilten Mikroperthit (wenig geordnet). An Einschlüssen treten neben Hornblende und Biotit auch kleine Plagioklase auf, die parallel zu den Korngrenzen eingelagert sind und meist optisch gleich orientiert sind. An den Grenzen Kalifeldspat/Plagioklas sind oftmals komplizierte, dendritartige Verwachsungen zu erkennen.

2. Dieser Fall tritt nur selten auf. Die Feldspäte zeigen einen einfacheren Aufbau, der auf die Erhöhung der Basizität in der an der Mischung beteiligten Granitschmelze zurückgeführt. Die An-Gehalte der Ränder entsprechen denen der Matrixplagioklase.

Allanit, vorwiegend idiomorph ausgebildet, wird bis zu 5mm groß, besitzt meist Zonarbau und manchmal einen Saum aus Epidot. Er ist häufig isotropisiert. Typische Radialsprünge in den angrenzenden Mineralen sind oft zu beobachten.

Opakminerale sind, wie im Dioritgabbro, Ilmenitkörner mit Hämatitentmischungen sowie Magnetit (ohne Entmischungen) und Sulfiderze (Pyrit, Magnetkies, Kupferkies), welche akzessorisch vertreten sind.

Titanit, sowohl in typischer Rautenform als auch in Aggregaten oder feinen Säumen, erreicht Anteile von einigen Volumenprozent. Die zu beobachtende partielle Umwandlung von Ilmenit in Titanit spricht für sein Entstehen aus diesem.

Zirkon tritt häufiger als in den gabbroiden Gesteinen auf. Einen korrodierten Kern umgeben eine bis mehrere idiomorphe Anwachszonen und außen ein breiter homogener Rand.

Neben höheren SiO_2-Gehalten besitzen die Mischgesteine gewöhnlich höhere Gehalte an Al, K, Ca, Ti, Y, Zr, Ba und U. Die mafischen Elemente, Na, P, Cu und Sr sind gegenüber den Vergleichswerten von NOCKOLDS (1954), deutlich erniedrigt (Tab. 5.12).
Die Nb-Gehalte entsprechen denen des Dioritgabbros.
SiO_2-Werte (nach PEACOCK 1931) von 50-60% weisen auf einen Alkali-Kalk-Chemismus hin (Abb. 5.49b).

Castelo
Die Gesteine gleichen in Chemismus, Mineral- und Texturbestand den Gesteinen von Sta. Angelica, beginnen in ihrer Abfolge jedoch bei wesentlich saureren Gliedern der Dioritfamilie (Tab. 5.5 und 5.8).

Die basischsten Gesteine weisen höchstens Pyroxenrelikte auf, die von Hornblende ummantelt sind, jedoch keinen freien Pyroxen (BAYER et al. 1986).

Venda Nova
Der Chemismus (Tab. 5.9) und der Mineralbestand ist denen von Sta. Angelica (Tab. 5.5) ebenfalls sehr ähnlich. Sie unterscheiden sich durch einen geringeren Gehalt an Quarz und Kalifeldspat.

Tab. 5.11: Durchschnittliche modale Zusammensetzung (Vol-%) der basischen und intermediären Gesteine

	Dioritgabbro n=10	Mischgestein n=10	Syenomonzonit n=5
Plag.	53.23	43.57	39.18
Kfsp.	6.53	8.06	46.13
Qz.	2.30	10.43	1.25
Opx.	2.28	0.40	
Px.			1.58
Kpx.	9.95	3.70	
Hbl.	2.10	10.07	6.15
Bio.	12.78	13.70	3.25
Erz	4.60	5.53	2.75
Tit.	0.10	1.10	1.60
Apa	3.00	2.80	0.93
Akz.	1.90	0.87	2.50

Tab. 5.12: Durchschnittliche chemische Zusammensetzung der basischen und intermediären Gesteine.

	Dioritgabbro (n=28)					Mischgestein (n=137)					Syenomonzonit (n=18)				
	MW	Med	Min	Max	StD	MW	Med	Min	Max	Std	MW	Med	Min	Max	StD
Gew.-%															
SiO_2	49.72	49.25	40.90	59.25	1.29	54.86	54.85	42.35	61.26	3.43	58.59	58.78	54.84	60.32	1.29
Al_2O_3	14.84	15.27	7.19	19.35	2.55	15.24	15.04	3.88	19.61	1.58	18.71	18.93	16.38	22.62	1.70
FeO	6.12	6.09	4.17	8.20	0.93	5.19	5.26	1.79	8.41	0.90	3.47	3.47	2.36	4.58	0.69
Fe_2O_3	4.08	4.06	2.78	5.47	0.61	3.46	3.51	1.19	5.60	0.60	2.31	2.32	1.57	3.06	0.46
MgO	6.50	14.01	2.78	19.38	2.71	4.02	3.78	1.95	15.41	1.45	2.03	1.85	0.95	3.98	0.84
MnO	0.16	0.14	0.08	0.50	0.08	0.13	0.12	0.04	0.59	0.05	0.11	0.11	0.05	0.20	0.04
CaO	7.27	7.00	4.69	11.44	1.59	5.62	5.56	3.01	9.75	1.16	4.32	4.00	2.20	7.41	1.35
Na_2O	3.20	3.22	0.94	4.54	0.99	2.97	2.83	0.83	6.62	1.11	2.67	2.10	1.16	6.53	1.70
K_2O	2.51	2.56	0.71	4.25	0.94	3.56	3.50	1.21	7.36	0.85	4.73	5.30	1.14	6.53	1.70
TiO_2	2.41	2.48	1.01	3.53	0.64	2.19	2.17	0.77	3.39	0.51	1.15	1.13	0.75	1.70	0.25
P_2O_5	1.32	1.45	0.29	2.18	0.57	1.22	1.19	0.22	2.09	0.40	0.45	0.40	0.18	0.89	0.18
GV	0.51	0.53	0.00	1.37	0.31	0.69	0.61	0.00	3.08	0.41	0.56	0.39	0.18	2.24	0.48
Summe	98.64					99.15					99.10				
ppm															
V	318	324	38	718	133	260	258	53	654	90	129	121	71	216	2317
Cr	95	65	27	459	101	61	55	7	177	27	45	43	18	82	15
Co	68	36	12	590	108	24	22	4	102	14	12	6	3	64	16
Ni	50	44	14	151	30	37	35	2	115	18	23	25	1	40	10
Cu	45	41	18	113	19	37	34	15	126	15	31	29	15	51	9
Zn	125	126	76	186	27	137	134	82	208	25	106	111	51	140	23
Ga	23	23	17	32	4	25	25	3	36	4	26	27	17	32	4
Rb	54	52	19	110	24	95	89	25	321	43	74	78	31	94	17
Sr	1160	1203	121	1970	400	1030	1040	250	2165	288	1014	1078	382	1293	290
Y	44	44	16	93	16	50	50	9	141	17	65	64	26	98	22
Zr	332	299	54	758	184	427	435	37	1290	181	549	569	1	945	292
Nb	23	24	15	31	4	23	24	10	35	3	22	24	9	27	6
Ba	1636	1642	117	3108	810	1831	1734	100	4297	719	2846	2943	257	6007	1324
Pb	22	21	9	37	7	28	24	9	184	18	21	22	10	35	6
U_2O_3	1	1	1	3	1	2	1	1	9	1	1	1	1	1	0

MW=Mittelwert; Med=Medianwert; Min=kleinster Wert; Max=größter Wert;
StD=Standardabweichung;

5.3.2.2. Syenomonzonit (Tab. 5.14)

Den überwiegenden Teil der aufgeschlossenen Fläche nimmt in Venda Nova ein grobkörniger, oft porphyrischer Syenomonzonit ein.
Bei gleichem SiO_2-Gehalt wie der Dioritgabbro/Diorit tritt deutlich höherer Al_2O_3- und Alkaligehalt auf.

Mg, P und Ca sind niedriger als beim Dioritgabbro und Diorit. Die Alkaligehalte bewegen sich im Bereich der Dioritproben (Tab. 5.14).

In Tab. 5.13 sind die Rb und Sr Werte im Vergleich zu den anderen basischen Gesteinen dargestellt.

Ein mittlerer SiO_2-Wert nach PEACOCK (1931) von 55-60% für den Syenit stuft diesen ebenfalls als kalk-alkalischen Magmatit ein (Abb. 5.52).

Seine durchschnittliche modale Zusammensetzung liegt zwischen Syenit und Monzonit (Tab. 5.11).

Die Feldspäte erreichen mehrere cm^2-Fläche und die umgebende Matrix Korngrößen bis 5mm. Diese Matrix besteht aus Orthopyroxen, Klinopyroxen, grüner Hornblende, braunrotem Biotit sowie Andesin-Oligoklas, Apatit, Magnetit, Titanit und Zirkon.

Mit zunehmendem Abstand vom gabbroiden Zentralbereich verändert sich die Zusammensetzung (Pyroxen zu grüner Hornblende; Ti-reicher Biotit zu Fe-reichem Biotit). Die Plagioklaszusammensetzung bleibt davon unberührt.

Kalifeldspat kommt als hypidiomorpher, mikroperthitischer Mikroklin vor.

Plagioklas tritt in Form von hypidiomorphem Andesin-Oligoklas (teiweise zoniert) auf.

Tab. 5.13: Durchschnittswerte von Rb, Sr und Rb/Sr der basischen und intermediären Gesteine

	Rb	Sr	Rb/Sr	
Syenomonzonit	77	1055	0.073	
Diorit	86	1034	0.083	
Dioritgabbro	57	1210	0.047	
Unterkruste	-	-	0.03-0.07	SCHROLL (1967)

Tab. 5.14: Durchschnittliche chemische Zusammensetzung des Syenomonzonits.

	Syenomonzonit (n=18)				
	MW	Med	Min	Max	Std
Gew.-%					
SiO_2	58.59	58.78	54.85	60.32	1.29
Al_2O_3	18.71	18.93	16.38	22.62	1.70
FeO	3.47	3.47	2.36	4.58	0.70
Fe_2O_3	2.31	2.32	1.57	3.06	0.46
MgO	2.03	1.85	0.95	3.98	0.84
MnO	0.11	0.11	0.05	0.20	0.04
CaO	4.33	4.00	2.20	7.41	1.35
Na_2O	2.67	2.10	1.16	5.60	1.16
K_2O	4.73	5.30	1.14	6.53	1.70
TiO_2	1.15	1.13	0.75	1.70	0.25
P_2O_5	0.45	0.40	0.18	0.89	0.18
GV	0.56	0.39	0.18	2.24	0.48
Summe	99.11				
ppm					
V	129	121	71	216	40
Cr	45	43	18	82	15
Co	12	6	3	64	16
Ni	23	25	1	40	10
Cu	31	29	15	51	9
Zn	106	111	51	140	23
Ga	26	27	17	32	4
Rb	74	78	31	94	17
Sr	1014	1078	382	1293	290
Y	65	64	26	98	22
Zr	549	569	1	945	292
Nb	22	24	9	27	6
Ba	2846	2943	257	6007	1324
Pb	21	22	10	35	6
U_2O_3	1	1	1	1	0

MW=Mittelwert; Med=Medianwert; Min=kleinster Wert; Max=größter Wert; StD=Standardabweichung;

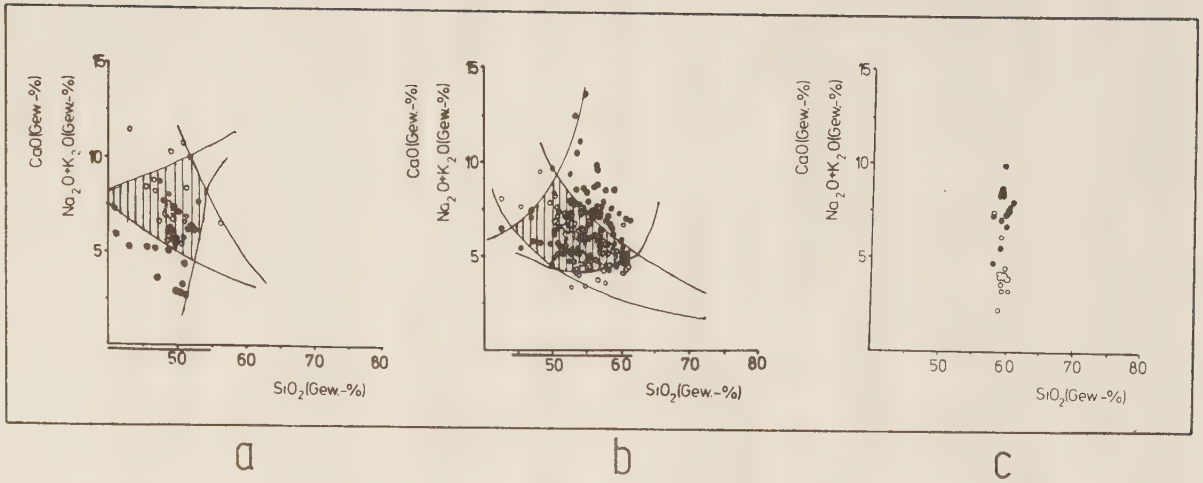


Abb. 5.49: Diagramm der basischen Gesteine nach PEACOCK (1931) mit eingetragenem Überlappungsbereich und SiO2-Wert.
Kreise: Alkalien; gefüllte Kreise: CaO-Gehalte
a. Gabbrodiorit
b. Diorit
c. Syenomonzonit
Die Linien begrenzen die Probenverteilungsfelder

5.3.3. Saure Gesteinsfamilie

5.3.3.1. Granit 1 (Tab. 5.17)

Der Granit 1 ist ein grobkörniges, porphyrisches Gestein mit deutlich ausgebildeter Fluidaltextur. Seine Farbe ist grau bis gelblichweiß. Die Kalifeldspäte erreichen Größen bis 5cm. Der Lage der Probenpunkte nach liegt sein Chemismus zwischen Syeno- und Monzogranit (Tab. 5.17).

Nach der Modalanalyse handelt es sich um einen Monzogranit (Tab. 5.16; BAYER et al. 1986). Nach dem mikroskopischen Befund ist der überwiegende Anteil des Granites 1 (etwa 70% der Proben) durch Plagioklase mit hohen Anorthitgehalten (bis 25%) gekennzeichnet. Dies deutet auf Durchmischung bzw. Kontamination durch die basische Schmelze hin (SCHMIDT-THOME 1987 in Vorb.).

Die K_2O-, P_2O_5-, TiO_2- und LIL-Werte sind gegenüber den Normalgraniten von NOCKOLDS (1954) erhöht, die Na_2O-Gehalte leicht erniedrigt.

Die Summe von K_2O+Na_2O ist kleiner als Al_2O_3 und größer als 1/6 SiO_2.
Danach sind die Gesteine in der Einteilung von SHAND (1949) sub- bis schwachalkalisch.
Der Granit 1 zeigt gute Übereinstimmung mit in Minas Gerais untersuchten und beschriebenen (HERZ und DUTRA 1960) Gneisen und Migmatiten (Alter 1350 Ma).

Nach PEACOCK (1931) handelt es sich um kalknormale Gesteine (Abb. 5.50).

Die gefundenen Werte für Rb, Sr und Rb/Sr (Tab. 5.16) entsprechen den Werten für Oberkruste (SCHROLL 1967; WEDEPOHL 1978).

Kalifeldspat (bis 8cm) bildet überwiegend hypidiomorphe Großfeldspäte (Mikroklinperthit), aber auch mikroperthitischen Mikroklin in der Matrix (bis 0.8cm).
An Einschlüssen kommen korrodierte Plagioklase und seltener Biotite vor.

Plagioklas (An18-An25) kommt xenomorph in der Matrix vor. Seltener treten hypidiomorphe Plagioklase (An20-An28) bis 2cm auf. Diese können neben geknickten Albitzwillingslamellen auch undulöse Auslöschung und/oder Subkornbau aufweisen.
An den Grenzen zu Mikroklin tritt häufig Myrmekitbildung auf.

Quarz (bis 2cm) löscht undulös aus und besitzt Subkornbau.

An mafischen Mineralen sind neben vorwiegend grünem Biotit akzessorisch Apatit, Titanit, Zirkon, Allanit sowie Opakminerale zu erkennen.

Hornblende (hastingsitisch) findet sich gelegentlich und hat wie Biotit an Korngrenzen zu Mikroklin Korrosionsspuren oder ist symplektitisch mit Quarz verwachsen.

Gefüge
Typisch ist porphyrisches Gefüge mit großen hypidiomorphen Mikroklinen und Plagioklasen sowie xenomorphem Plagioklas, Mikroklin und Quarz.

In den Granitschlieren nimmt der Matrixanteil vom Rand zum Zentrum hin ab.

Matrix-Plagioklase bilden gegeneinander gerade Korngrenzen, wogegen die Grenzen gegen Quarz und Kalifeldspat gebogen sind.

Die Körner sind größtenteils myrmekitisiert. Ummantelte Feldspäte sind nicht zu beobachten.

Nach dem Gefügebild ergibt sich folgende Kristallisationsreihe:

-hypidiomorpher Mikroklin
-xenomorpher Plagioklas
-Quarz
-Mikroklin

5.3.3.2. Granit 2 (Tab. 5.17)

Der im Nordteil der Intrusion von Sta. Angelica wie auch im Nebengestein vorkommende Granit 2 ist von hellgrauer Farbe, regellos gleichkörnig bis porphyrisch und meist feinkörniger (1-5mm) als der Granit 1. Einzelne Feldspateinsprenglinge erreichen bis zu 5cm.

Fließende Übergänge zwischen beiden Granittypen treten gelegentlich auf.

Der Granit 2 ist geringfügig basischer (weniger fraktioniert und/oder höher kontaminiert) als der Granit 1.
Im Durchschnitt sind die Gehalte an Na, Al, Cr, Ni, Zn, Sr und Ba gegenüber dem Granit 1 erniedrigt.
Eine größere Homogenität (kleinere Standardabweichung) ist für den Granit 2 kennzeichnend.

Die Einstufung nach PEACOCK (1931) erfolgt in den "kalkalkalischen" Bereich (Abb. 5.50).

Die modalen Werte (Tab. 5.16) ergeben im QAP-Dreieck ebenfalls eine Einstufung als Monzogranit (SCHMIDT-THOME 1987).

Kalifeldspat (schwach mikroperthitischer Mikroklin) ist gewöhnlich xenomorph ausgebildet, und nur größere Individuen sind hypidiomorph. Fast immer kommt parallel zu den Korngrenzen eingelagerter Quarz (idiomorph) und Plagioklas (hypidiomorph) vor.

Plagioklas ist hypidiomorpher, serizitisierter Oligoklas und weist helle Albitsäume an Grenzen mit Kalifeldspat auf.

Biotit, einziges mafisches Mineral, kommt in zwei Generationen, einer älteren idiomorphen und einer jüngeren xenomorphen vor.

Akzessorien sind Ilmenit, Titanit, Magnetit, Allanit, Zirkon und Apatit.

Castelo
Es treten ebenfalls zwei Granittypen auf, jedoch ist keine so deutliche Trennung wie in Sta. Angelica möglich. Der Granit 2 ist grobkörniger und porphyrisch und ähnelt so mehr dem Granit 1.
Die Granite nehmen einen größeren Anteil der gesamten Ausbißfläche ein als in Sta. Angelica.

Venda Nova
Neben den überwiegenden syenitischen Gesteinen treten die Granite flächenmäßig etwas zurück. Grobkörniger, porphyrischer Granit erscheint nur am Außenrand der Intrusion, wo er schlierig mit feinkörnigem Granit vermischt ist oder vollständig von diesem ersetzt wird.

Die Rb-, Sr- und Rb/Sr-Werte der sauren Gesteine können der Tabelle 5.15 entnommen werden.

Tab. 5.15: Durchschnittliche Rb-, Sr- und Rb/Sr-Werte der sauren Gesteine.
Vergleichswerte nach SCHROLL (1967) und WEDEPOHL (1978)

	Rb	Sr	Rb/Sr	
Granit 1	125	455	0.27	
Granit 2	193	468	0.41	
Gr.-Grd.-Gneis	95	289	0.33	
Oberkruste			0.25	SCHROLL (1967)
			0.25-0.35	WEDEPOHL (1978)

Tabelle 5.16: Die mittlere modale Zusammensetzung der Granite 1 und 2 (BAYER et al. 1986).

	Granit 1 (n=15)	Granit 2 (n=10)
Plag	22.8	29.4
K-Feldsp.	37.3	33.1
Qz	31.4	24.5
Hbl.	0.4	-
Bio	4.0	8.2
Erz	1.3	0.8
Tit.	1.1	1.8
Apa.	0.3	0.1
Akz.	1.0	2.4
Myrm.	+	-
Zir.	+	+
All.	+	+
Ser.	+	+

Tabelle 5.17: Durchschnittliche chemische Zusammensetzung der granitischen Gesteine.

	Granit 1 (n=146)					Granit 2 (n=42)				
	MW	Med	Min	Max	StD	MW	Med	Min	Max	Std
Gew.-%										
SiO_2	67.84	67.64	57.73	79.09	4.47	67.91	67.48	60.64	76.53	4.19
Al_2O_3	14.78	14.65	10.64	18.82	1.31	14.48	14.59	11.81	16.49	1.02
FeO	2.27	2.05	0.31	6.10	1.21	3.36	3.26	0.85	6.38	1.51
Fe_2O_3	1.53	1.38	0.21	4.06	0.80	0.59	0.58	0.15	1.13	0.27
MgO	1.16	0.95	0.01	3.53	0.83	1.09	0.97	0.01	2.97	0.80
MnO	0.08	0.08	0.01	0.63	0.07	0.74	0.78	0.01	0.12	0.03
CaO	2.57	2.39	0.24	5.76	1.20	2.56	2.42	1.29	4.74	0.99
Na_2O	2.47	2.48	0.14	7.49	0.95	2.16	2.12	0.49	4.38	0.86
K_2O	4.86	5.06	0.15	7.49	1.24	5.07	5.22	1.99	7.64	1.13
TiO_2	0.75	0.63	0.01	4.21	0.53	0.77	0.70	0.09	1.74	0.45
P_2O_5	0.31	0.21	0.01	3.01	0.34	0.31	0.24	0.01	1.08	0.26
GV	0.70	0.60	0.14	4.20	0.44	0.79	0.63	0.42	3.02	0.56
Summe	99.32					99.83				
ppm										
V	95	76	6	418	72	99	89	9	255	61
Cr	33	33	1	102	21	29	28	1	91	19
Co	11	6	1	115	12	10	9	3	28	6
Ni	27	25	1	139	18	23	22	1	66	13
Cu	24	22	8	83	11	22	22	6	40	7
Zn	149	133	51	1376	110	132	134	71	212	30
Ga	23	23	14	32	3	24	24	17	31	3
Rb	140	130	11	295	53	199	204	79	447	64
Sr	498	456	43	1958	276	470	399	79	1098	238
Y	39	36	1	312	35	40	43	1	128	22
Zr	394	363	2	1757	260	499	519	83	1104	212
Nb	17	19	1	32	7	21	22	4	30	5
Ba	1237	1253	61	2581	480	1072	997	1	2468	485
Pb	31	27	10	158	18	45	39	18	224	33
U_2O_3	3	2	1	17	3	4	3	1	11	2

MW=Mittelwert; Med=Medianwert; Min=kleinster Wert; Max=größter Wert; StD=Standardabweichung;

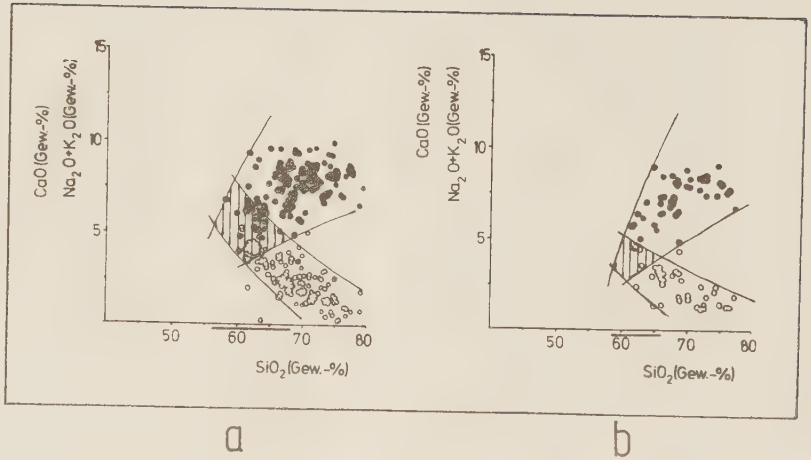


Abb. 5.50: Diagramme nach PEACOCK (1931) für die sauren Gesteine.
Die Linien grenzen die Probenpunktbereiche ein.
Die sich überlappenden Flächen sind schraffiert.
Kreise: Alkalien; gefüllte Kreise: CaO
a. Granit 1
b. Granit 2

5.3.4. Weitere Gesteine

5.3.4.1. Saure Ganggesteine (Tab. 5.19)

Saure Ganggesteine treten überwiegend in höheren Bereichen von Sta. Angelica (NE-Teil), in Castelo und in den angrenzenden Nebengesteinen auf. Sie besitzen generell scharfe Grenzen zum intrudierten Gestein und aplitische bis pegmatitische Komposition.
Sie folgen überwiegend den Abkühlungsklüften und tektonisch bedingten Brüchen.

Hauptsächlich Kalifeldspat, Quarz und Biotit, gelegentlich Allanit und Magnetit, selten Zinnstein führend, stimmen sie chemisch mit den höher fraktionierten sauren Intrusiva überein. Sie sind jedoch teilweise noch weitgehender fraktioniert (Si, K, Rb, Y, Nb erhöht).

Die mobilen und schwer einzubauenden Elemente nehmen im Gehalt von den Graniten über die sauren Gänge zu den Pegmatiten zu, die mafischen Elemente dagegen stark ab.

Mn, Y und Nb steigen nach niedrigen Gehalten in den sauren Gesteinen an und zeigen Anreicherung in den Pegmatiten.

Die Rb-, Sr- und Rb/Sr-Werte deuten bei den sauren Ganggesteinen auf Oberkruste hin, obwohl eine Aussage durch die stark veränderten Werte erschwert ist (Tab. 5.18).

5.3.4.2. Basische Ganggesteine (Tab. 5.19)

Vom Geländebefund lassen sich mehrere Gruppen basischer Ganggesteine unterscheiden:

feinkörnige Ganggesteine
grobkörnige Ganggesteine
zusammengesetzte Gänge

Bei letzterer Gruppe sind mehrere Typen zu unterscheiden.

1. Die grobkörnigen basischen Gänge treten nur im zentralen Bereich der Intrusionen auf, sind vorwiegend äquigranular (bis 0.5cm), selten mit dunklen 1-2cm großen Hornblende-Flecken durchsetzt und gewöhnlich ungeregelt.
Die Grenze zum Nebengestein erscheint makroskopisch unverändert und scharf.

2. Die feinkörnigen Gänge sind im gesamten Intrusionsbereich zu finden. Im granitischen Randbereich sind sie überwiegend NW-SE bis N-S ausgerichtet, während im Zentrum keine bevorzugte Richtung festgestellt werden konnte. Es gibt sowohl ungeschieferte (überwiegende Mehrzahl; Abb. 5.51), als auch geschieferte Gänge (parallel zum s des Granits). Letztere wurden oberhalb der Fazenda Sta. Isabel im Gratbereich der randlichen Höhenzüge aufgefunden.

3. Bei den "pillow-artigen"-Gängen (net-veined) konnten zwei Typen unterschieden werden.
   a. Gänge aus grobkörnigen Dioritgabbro-Einschlüssen in feinkörnigem Diorit
   b. Gänge aus feinkörnigen Dioritgabbro-Einschlüssen in granodioritisch-granitischer Matrix

Die erstgenannten Gänge (a) sind ausschließlich auf den engen Zentralbereich beschränkt. Die "pillows" sind gelängt, gerundet und von mehr oder weniger Matrix umgeben (Abb. 5.52). Sie werden selten mächtiger als 50cm und die Einschlüsse zeigen makroskopisch keine randlichen Veränderungen.

Die anderen Gänge (b) kommen in allen Bereichen der Intrusionen vor.
Unterschiedliche Ausbildungen sind zu beobachten.
Es existieren Gänge mit runden, "blasenartigen" (Abb. 5.55) und solche mit mehr eckigen Komponenten (Abb. 5.54).
Die Ausbildung läßt entweder eine Intrusion bereits gemischter Magmen (im Sinne von VOGEL et al. 1978, 1982, 1984) oder nachträgliche Ausfüllung der Klüfte in zerbrochenen, gescherten Bereichen (Abb.5.53 bis 5.54) möglich erscheinen.

Die Grenzen der "pillows" sind gelegentlich verfärbt und sie gleichen in ihrer Zusammensetzung den "pillows" des "Mischgesteins".

Eine oft auftretende, zum Kontakt parallele Zonierung der Gänge, ist durch Mehrphasigkeit des Intrusionsvorganges zu erklären.
Diese Zonierung tritt sowohl bei den feinkörnigen wie auch bei den "pillowartigen" Gängen auf und manifestiert sich in mit granodioritischer bis granitischer Matrix gefüllten Klüften. Diese verlaufen subparallel oder rechtwinkelig zum Rand (Abb. 5.56).
Eine gelegentlich schräge Ausbildung ist vermutlich auf Scherbewegungen und/oder Fließen zurückzuführen (Abb. 5.57).

Der überwiegende Anteil der basischen Gangproben zeigt eine chemische Zusammensetzung, wie sie dem Bereich zwischen Dioritgabbro und Diorit entspricht.
Es wurden keine Ganggesteine intermediärer Zusammensetzung. gefunden.

In den Histogrammen lassen sich die basischen Gänge der Verteilung nach in zwei Hauptgruppen gliedern. Eine davon entspricht in der Zusammensetzung ± den Dioritgabbros, eine zweite Gruppe den Mischgesteinen aus feinkörnigen Dioritschlieren und Granit oder Granodiorit (im Handstückbereich).

Die Rb- und Sr-Gehalte sowie der Wert für Rb/Sr weisen auf eine Beteiligung der Unterkruste bei der Genese hin (Tab. 5.18).

Tab. 5.18: Rb- und Sr- Gehalte und Rb/Sr-Verhältnis der beprobten Gänge aus allen Intrusionen.

	Rb	Sr	Rb/Sr
basische Ganggesteine	83	1202	0.069
saure Ganggesteine	135	472	0.286
Pegmatite	236	248	0.950

Abb. 5.51: Gang aus feinkörnigem Dioritgabbro in grobkörnigem Dioritgabbro.
In der Nähe der Fazenda Bela Aurora

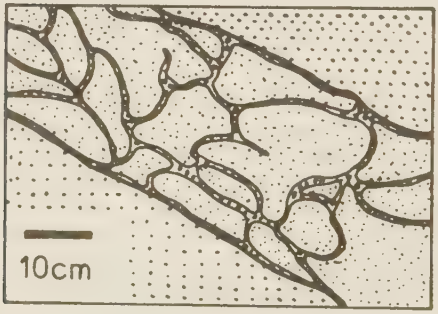


Abb. 5.52: Grobkörnige "pillows" in fein- bis mittelkörniger dioritischer Matrix intrudiert in Diorit (Mischgestein).
100m nördlich der Fazenda da Barra

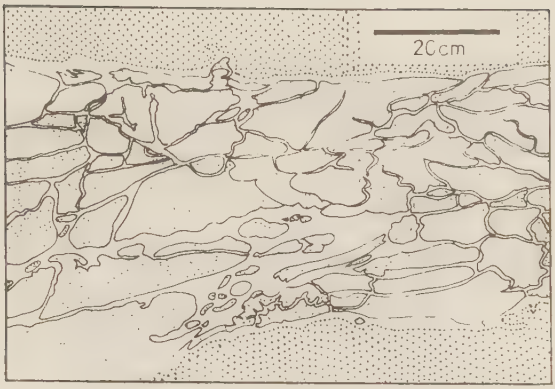


Abb. 5.53: Gerundete "pillows" in feinkörniger granodioritischer Matrix.
Randbereich von Sta. Angelica

Abb. 5.54: Eckigere Komponenten in einem zonierten Gang aus Castelo. Die Matrix besteht aus feinkörnigem Granodiorit, der Einschlüsse aus grobkörnigem Diorit enthält.
Östlich oberhalb des Corrego Sta. Clara

Abb. 5.55: Zonierter, zusammengesetzter ("pillowartiger") Gang mit zentraler dichter und randlicher zusammengesetzter Zone.
Sta. Angelica; nördlicher Randbereich

Granit 1: ; Diorit (Dioritgabbro ?): ;
Granodiorit (Granit?): ;

Abb: 5.56: Zonierter feinkörniger Gabbrogang mit Klüften parallel und senkrecht zur Gangrichtung. Die Klüfte sind mit Granodiorit verfüllt.
Sta. Angelica oberhalb der Fazenda Palmital

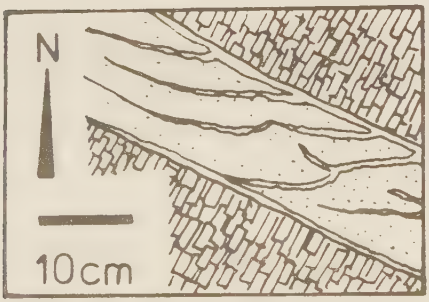


Abb. 5.57: Im abgebildeten Gang verlaufen die, durch eine saurere Gesteinphase verfüllten Klüfte schräg zur Gangrichtung. Dies läßt Rückschlüsse auf eine Bewegung zu.
Sta. Angelica oberhalb der Fazenda Palmital

Tab. 5.19: Durchschnittliche chemische Zusammensetzung der Ganggesteine.

	saure Ganggesteine (n=24)					pegmat. Ganggesteine (n=17)					basische Ganggesteine (n=16)				
	MW	Med	Min	Max	StD	MW	Med	Min	Max	Std	MW	Med	Min	Max	StD
Gew.-%															
SiO_2	68.73	68.34	53.35	77.89	6.61	70.00	71.48	53.11	76.85	5.77	52.25	51.04	48.41	61.63	3.70
Al_2O_3	14.34	14.30	12.10	16.49	1.21	14.06	13.69	11.95	16.56	1.29	14.81	14.75	12.62	17.85	1.53
FeO	2.07	1.58	0.36	5.32	1.51	1.59	0.85	0.17	5.02	1.38	5.70	5.58	3.17	7.01	1.02
Fe_2O_3	1.38	1.06	0.24	3.55	1.01	1.06	0.57	0.11	3.35	0.92	3.80	3.73	2.11	4.67	0.68
MgO	1.02	0.51	0.01	4.18	1.14	0.60	0.04	0.01	5.26	1.29	5.49	5.68	1.65	7.42	1.53
MnO	0.07	0.06	0.02	0.25	0.05	0.08	0.07	0.01	0.20	0.05	0.16	0.15	0.09	0.25	0.05
CaO	2.53	2.14	0.51	6.00	1.48	1.94	1.68	0.10	6.21	1.26	7.38	6.91	3.09	15.42	2.72
Na_2O	2.94	2.93	1.75	4.86	0.77	2.41	2.60	0.01	4.11	1.21	2.92	2.71	1.65	4.82	0.98
K_2O	4.72	4.98	0.62	6.08	1.18	6.46	5.63	3.68	13.28	2.70	3.16	3.30	0.83	5.30	1.33
TiO_2	0.69	0.34	0.02	2.22	0.67	0.44	0.15	0.01	2.43	0.63	2.01	2.16	0.31	3.09	0.91
P_2O_5	0.31	0.13	0.01	1.43	0.39	0.19	0.05	0.01	1.34	0.33	1.13	1.40	0.07	2.27	0.66
GV	0.59	0.54	0.30	1.69	0.29	0.65	0.69	0.39	0.85	0.13	0.56	0.60	0.02	0.91	0.25
Summe	99.39					99.48					99.37				
ppm															
V	78	47	4	325	78	55	31	1	298	73	268	270	65	410	103
Cr	27	20	1	82	23	26	21	1	83	28	81	64	26	206	49
Co	9	6	1	36	7	8	6	1	24	7	31	26	6	100	22
Ni	24	24	1	36	7	23	24	1	50	18	46	42	10	119	29
Cu	26	24	1	59	14	16	14	1	32	10	35	33	12	56	15
Zn	126	128	58	186	33	115	121	2	190	50	137	123	82	318	54
Ga	24	24	16	31	4	25	24	19	46	7	24	25	14	30	4
Rb	130	131	18	213	44	280	236	77	728	153	101	83	9	216	57
Sr	515	473	35	1167	323	358	248	20	1285	309	1071	1230	244	1711	486
Y	30	33	1	74	18	72	51	1	227	79	39	41	8	68	17
Zr	395	350	35	911	257	330	231	1	673	245	321	327	2	503	143
Nb	14	14	1	27	8	23	24	14	35	5	23	25	11	30	5
Ba	1053	980	69	2113	576	765	649	1	2091	546	1881	1788	281	3473	1000
Pb	30	28	10	59	12	193	48	26	1973	465	32	29	7	82	20
U_2O_3	2	1	1	6	2	8	6	1	24	7	2	1	1	5	1

MW=Mittelwert; Med=Medianwert; Min=kleinster Wert; Max=größter Wert;
StD=Standardabweichung;

5.3.4.3. Einschlüsse (Tab. 5.21)

Die Einschlüsse überdecken in ihrer chemischen Zusammensetzung einen weiten Bereich. Der SiO_2-Gehalt liegt zwischen 42.33% und 72.99%.

Sie finden sich überwiegend im Randbereich der Intrusionen.

Im Übergangsbereich Granit - basischerer Kern kommt jeweils das eine Gestein im anderen in Form von Einschlüssen vor.

Gneis- und Migmatiteinschlüsse (Abb. 5.42) sind nur in einigen Bereichen am Südsüdostrand der Intrusion von Sta. Angelica und rund um die Intrusion von Venda Nova aufgefunden worden. Sie entsprechen in Gesamtchemismus, Textur und Ausbildung den Migmatiten, Gneisen und Kalksilikaten der Rahmengesteine.

Im Dioritgabbro treten vereinzelt basischere (höherer Anteil an mafischen Mineralen) Einschlüsse in gerundeter bzw. gelängter ovaler Form auf. Sie erreichen selten eine Länge von 20cm und einen Durchmesser von 10cm.

Ein Einschluß eines basischen Ganges (Dioritgabbro) des Randbereichs von Venda Nova und ein basischer Einschluß des Randgranites wurden mit aus Lavaeinschlüssen kalkulierten Mantelzusammensetzungen verglichen.
Es fällt der gegenüber der durchschnittlichen Mantelzusammensetzung niedrigere MgO-Gehalt auf (Tab. 5.20).

Dagegen ergibt sich jedoch eine gute Übereinstimmung mit von SHAND (1949) angegebenen Zusammensetzungen von Unterkrusteneinschlüssen in Laven. Der Pauschalchemismus entspricht einem alkalischen bis alkali-kalkigen Gestein.

Das Rb/Sr-Verhältnis deutet auf Unterkruste hin.

Tab. 5.20: Vergleich der basischen Einschlüsse aus Venda Nova mit Literaturwerten für die Mantel- und Unterkrustenzusammensetzung (Gew.-%).

Eine Übereinstimmung besteht zwischen Probe 1 und Probe 6, während bei den anderen (3 bis 5) die MgO-Werte zu hoch sind.

Bei Probe 2 (Einschluß im Randgranit) fallen die hohen Ti- und niedrigen Al-Gehalte auf.

	1	2	3	4	5	6
SiO_2	46.2	42.8	44.2	46.5	45.2	48 -52
Al_2O_3	25.5	17.7	2.7	1 8	3.5	17.5-21
Fe_2O_3	3.5	2.3	1.1	-	0.5	0.2- 1.7
FeO	11.5	12.8	7.3	6.7	8.0	-
MnO	0.1	0.3	0.2	0.1	0.1	0.1- 0.2
MgO	6.7	5.1	41.3	42.0	37.5	5 -11
CaO	8.6	8.7	2.4	1.5	3.1	9 -11
Na_2O	0.2	0.6	0.3	0.2	0.6	3 - 5
K_2O	0.3	0.8	0.0	0.2	0.1	0.0- 1.5
TiO_2	0.2	1.4	0.1	0.3	0.7	0.3- 0.7
P_2O_5	0.1	0.2	-	0.0	0.1	0.0- 0.3
Cr	0.1	0.0	0.3	0.4	0.4	-
Ni	0.1	0.0	0.2	0.3	0.2	-

1-Einschluß aus basischem Gang in Venda Nova
2-Basischer Einschluß aus dem Randgranit
3-Ultramafische Einschlüsse aus Kimberliten (HARRIS et al. 1967)
4-Granatperidotit-Einschlüsse in Kimberliten (DAWSON 1976)
5-Pyrolit (GREEN und RINGWOOD 1977)
6-Unterkrusteneinschlüsse in Laven (SHAND 1949)

Tab. 5.21: Durchschnittliche chemische Zusammensetzung der Einschlüsse (n=6)

	MW	Med	Min	Max	StD
Gew.-%					
SiO_2	58.83	57.99	42.79	72.97	12.18
Al_2O_3	16.52	15.08	12.40	25.52	4.78
FeO	6.05	4.62	1.24	12.84	4.34
Fe_2O_3	1.07	0.81	0.22	2.27	0.79
MgO	3.03	1.25	0.01	6.28	2.54
MnO	0.15	0.12	0.06	0.26	0.08
CaO	5.68	4.43	2.38	8.71	2.81
Na_2O	2.27	2.28	0.40	4.42	1.54
K_2O	2.33	0.75	0.30	5.18	2.29
TiO_2	0.94	0.47	0.23	2.35	0.82
P_2O_5	0.16	0.16	0.05	0.30	0.09
GV	1.63	0.77	0.22	5.47	1.99
Summe	98.66				
ppm					
V	323	198	21	1011	361
Cr	64	65	33	94	23
Co	101	39	2	293	113
Ni	44	43	22	66	15
Cu	43	28	24	92	26
Zn	105	110	66	126	21
Ga	21	20	14	27	4
Rb	42	18	5	115	41
Sr	514	297	136	1443	475
Y	23	16	11	44	13
Zr	129	133	9	212	80
Nb	15	12	9	20	5
Ba	886	730	1	1874	759
Pb	18	10	8	30	10
U_2O_3	2	1	1	4	1

MW=Mittelwert; Med=Medianwert; Min=kleinster Wert; Max=größter Wert; StD=Standardabweichung;

5.3.5. Geochemie der Intrusiva

Für die geochemischen Darstellungen wurden die Gesteine der drei Intrusionskörper in folgende, auf Geländebeobachtungen und petrographischen Untersuchungen beruhende, Gruppen untergliedert:

1. Granit 1 (G1)
2. Granit 2 (G2)
3. Diorit-Gabbro-Gesteine (DG)
4. Diorit-Granodiorit-Mischgesteine (D)
5. Syenomonzonit (SM)
6. Saure Ganggesteine (SG)
7. Pegmatite (P)
8. Basische Ganggesteine (BG)
9. Einschlüsse (E)

Für Vergleichszwecke sind in einigen Diagrammen ebenfalls noch die Granit-Granodiorit-Gneisproben (GG) eingetragen.

Die Lage der Probenpunkte für die geochemischen Untersuchungen ist aus den Abbildungen 5.58 bis 5.59 zu ersehen (Karten).

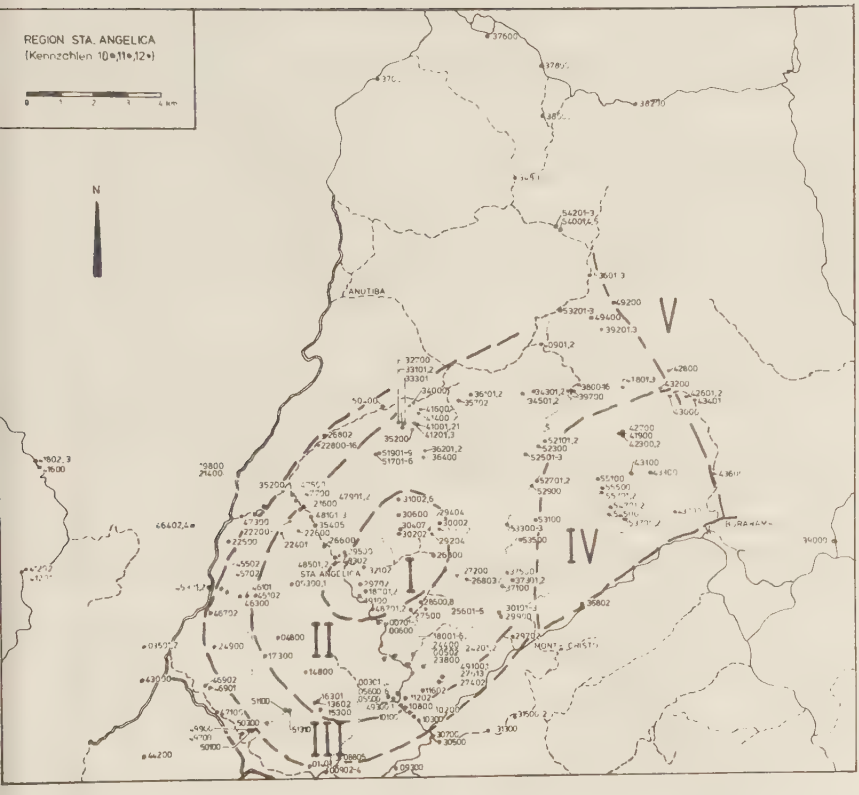


Abb. 5.58: Geochemische Probenpunkte des Intrusivkörpers von Sta. Angelica und seiner Umgebung.
Die Kennzahlen entsprechen denen der Tabelle 8 am Ende der Arbeit.
Die Linien begrenzen Probenbereiche, die in den Clusterdiagrammen miteinander verglichen werden.

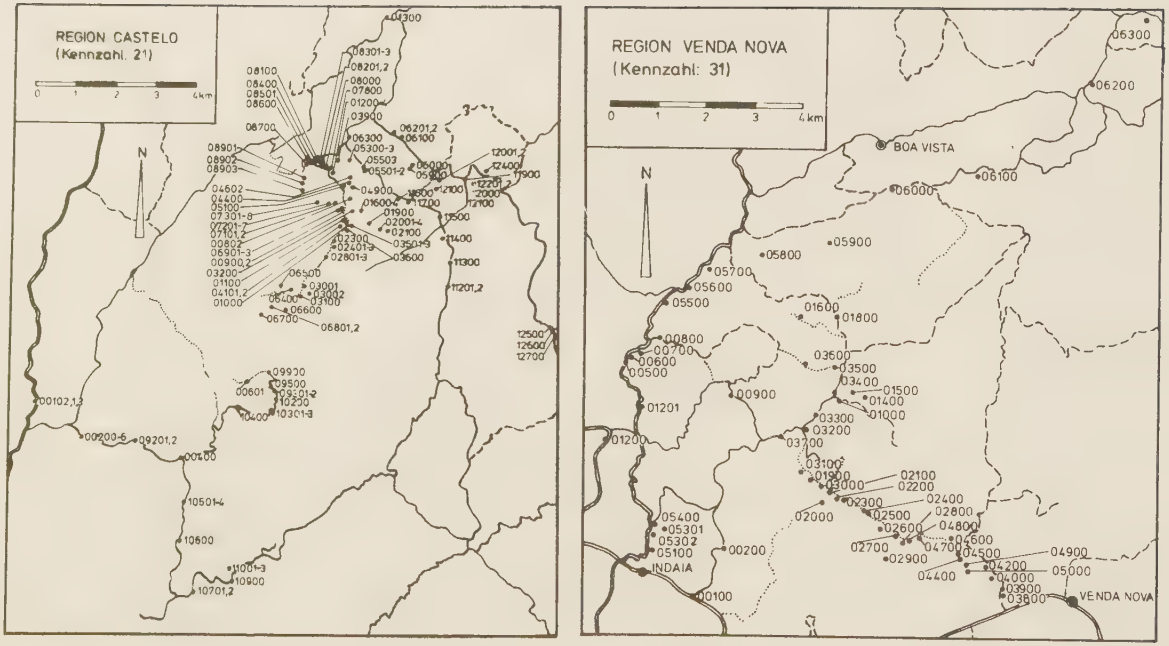


Abb. 5.59: Die Probenpunkte von Castelo, Venda Nova und Umgebung.
Die Zahlen entsprechen denen der Tabelle 8 am Ende dieser Arbeit.

5.3.5.1. Variationsdiagramme

Variationsdiagramme gegen SiO_2
Auffällig ist eine Abnahme der Probendichte zwischen 62% und 64% SiO_2 sowie eine Diskontinuität im Trendverlauf zwischen sauren und basischen Gesteinen.

Diese Diskontinuitäten treten bei vielen zusammengesetzten Plutonen auf und weisen auf zwei oder mehrere Magmenfamilien hin, die nicht (z.B.: Fraktionierung; Differentiation) auseinander hervorgegangen sind.
Beispiele dafür sind der Red Lake und Eagle Peak Pluton mit einer Probenlücke bei 58-61% SiO_2 (NOYES et al. 1983), der Costal Batholith/Lima Segment (MCCOURT 1981) mit einer Unterbrechung des Trends bei 56-58% und der Central Sierra Nevada Batholith (BATEMAN et al. 1979).

Im Gegensatz zu vielen anderen Intrusionen wie dem Chile-Batholith (ROLLINGSON 1980) und dem Boulder-Batholith/Montana (TILLING 1974) sind keine auffälligen parallelen Doppeltrends vorhanden.
Auch ähnliche Doppelkurven, wie VOGEL (1982) sie vom Adnamurchan-Intrusivkorper beschreibt (mixing Trend; conesheet-Trend), können nur in einem engen Bereich zwischen 60% und 65% SiO_2 angenommen werden.

Haupt- und Nebenelemente:
In ausgewählten Diagrammen werden die Verteilung der Haupt- und Nebenelemente aller Intrusionsgesteine dargestellt.

Eisenoxide - SiO_2 (Abb. 5.60, 5.61)
Ein schwach gekrümmter bis linearer Trend fällt von hohen Fe-Werten (15% Fe-gesamt) steil zu intermediären Proben ab (5% Fe-gesamt). Nach einer Besetzungslücke versteilt sich der Trend zu den sauren Gesteinen (1% Fe-gesamt).
Dies trifft für alle drei Intrusionen zu.

Auffällig ist die Häufung der im Bereich zwischen 50-56% SiO_2 auftretenden Proben unterschiedlichen SiO_2- aber ähnlichen Fe(gesamt)-Gehaltes. Möglicherweise dokumentieren sich hier parallele Trends (siehe R1-R2-Darstellung; Abb. 5.85).
Die Granit 1- und Granit 2-Verteilungen ähneln sich in Steigung und Verlauf.
Der Syenomonzonit besitzt bei gleichem SiO_2-Wert variierende Fe(gesamt)-Gehalte (4-8%).

Bei der Verteilung Fe_2O_3 - SiO_2 (Abb. 5.61) verlaufen die Trends ähnlich. Zusätzlich kann ein unterschiedlicher Gehalt an Fe^{+++} für Granit 1 und Granit 2 festgestellt werden.
Dies beruht auf einem unterschiedlichen Oxidationsgrad (Fe^{+++}/Fe^{++}-Verhältnis) von Granit 1 und Granit 2.
Die Granit 2-Proben haben einen durchschnittlichen Oxidationsgrad wie der Granit-Granodiorit-Gneis.
Die Kurven für FeO verlaufen vergleichbar.

MgO - SiO_2 (Abb. 5.62)
Ein annähernd linearer, in manchen Bereichen schwach gekrümmter Trendverlauf vom Dioritgabbro zum Diorit (Mischgestein) und Syenomonzonit, eine Ausdünnung bei 62% SiO_2 sowie ein Versatz, der durch gleiche MgO- und unterschiedliche SiO_2-Gehalte bei Dioriten und Graniten hervorgerufen wird, kennzeichnet die Verteilungskurve.
Im Diagramm von Sta. Angelica häufen sich die Granitproben im saureren Bereich. Die Kurven verlaufen ebenfalls überwiegend linear, nur teilweise leicht gekrümmt.
Zwischen 60% und 68% SiO_2 liegen die Granitprobenpunkte auf einer geraden Verbindungslinie zwischen Granit und Diorit. Nach VOGEL et al. (1982, 1984) ist dies ein Hinweis auf Mischungsvorgänge.

CaO - SiO_2 (Abb. 5.63)
Gut zu sehen ist hier die Probenlücke zwischen 62% und 64% SiO_2 im Diagramm für Sta. Angelica wie auch der ähnliche Trendverlauf für die basisch-intermediären und die granitischen Gesteinsproben. Die Trends für die basisch-intermediären Proben sind teilweise schwach gekrümmt.

Alkalien - SiO_2 (Abb. 5.64 bis 5.66)
Beide Gesteinsfamilien (basische und saure) besitzen in etwa gleiche Na_2O- und Gesamtalkalien-Gehalte, lediglich der K_2O-Gehalt (Abb. 5.65) nimmt im Durchschnitt von den basischen zu den sauren Proben zu.

Beim Alkalien-SiO_2-Diagramm lassen sich zwei Trends erkennen (bei allen drei Intrusionen). Einer führt vom Gabbro-/Monzonitfeld, der andere vom Grenzbereich Diorit-Granit bis zum Granit. Zwischen Monzonit- und Dioritfeld (Sta. Angelica; Castelo) liegen Proben, für die aufgrund der petrographischen Untersuchungen Magmenmischung nachgewiesen ist.

In den K_2O-SiO_2-Verteilungen unterscheiden sich die Intrusionskörper deutlich.
Bei Sta. Angelica und Venda Nova sind zwei parallele Trends erkennbar, wobei die K-Gehalte beim untergeordneten Trend von Venda Nova wesentlich niedriger (etwa 2%) als bei Sta. Angelica sind (2.5-4.5%).
Die Aufspaltung in separate Trends beginnt bei etwa 55-60% SiO_2.
Ein ebenfalls $\pm$ linearer Trend verläuft in den basischen Gesteinen bis etwa 55%, danach variiert der K-Gehalt stärker. Bei 60% SiO_2 beginnen die bei Sta. Angelica spiegelsymmetrischen Trendkurven der Granite.
Bei Castelo kann ein solcher paralleler Trend nur vermutet werden, da die Probendichte zu gering ist.

An beiden Trends sind die Proben von Granit 1, Granit 2 und Syenomonzonit beteiligt.
Bei Castelo ist der zweite Trend wesentlich undeutlicher zu sehen und wird nur von wenigen Granit 2-Proben gebildet.
In den Na_2O-Verteilungen (Abb. 5.66) ist bei den Granit 1-Proben kein ausgeprägter Trend zu erkennen. Die Granit 2-Proben besitzen einen deutlicheren aufsteigenden Trend.
Der Gehalt der basischen Proben erniegrigt sich von 4-5% Na_2O bei 50% SiO_2 (Venda Nova: 7%) auf 1% Na_2O bei etwa 60% SiO_2.
Es scheinen hier bei den basischen Gesteinen zwei parallele Trends zu existieren und zwar einer vom feinkörnigen und ein zweiter vom grobkörnigen Dioritgabbro zu den intermediären Proben.

Das Verhältnis K/Na der einzelnen Probengruppen der drei Intrusionen ist größer 0.6, was nach KABESH et al. (1974) typisch für magmatische Entstehung und/oder überwiegende Aufschmelzung von Orthogesteinen ist.
Davon abweichend verhalten sich nur die randnahe Fazies des Granit 1 und einzelne randliche Proben des Granit-Granodiorit-Gneises (vergleiche Diagramm Abb. 5.13).

P_2O_5 - SiO_2 (Abb. 5.67)
Die Verteilung ähnelt der von TiO_2 - SiO_2. Eine deutliche Probenlücke zwischen 62% und 64% SiO_2 ist zu erkennen.

Die vermuteten Mischgesteins-Probenpunkte liegen erkennbar abgesetzt zwischen 57% und 61% SiO_2. Im Verteilungsdiagramm der Intrusion von Venda Nova kann keine solche Unterscheidung getroffen werden.
Dort sind die Proben entweder an P erniedrigt (gegenüber den Haupttrend), oder es handelt sich um nebeneinander liegende Fraktionierungstrends.

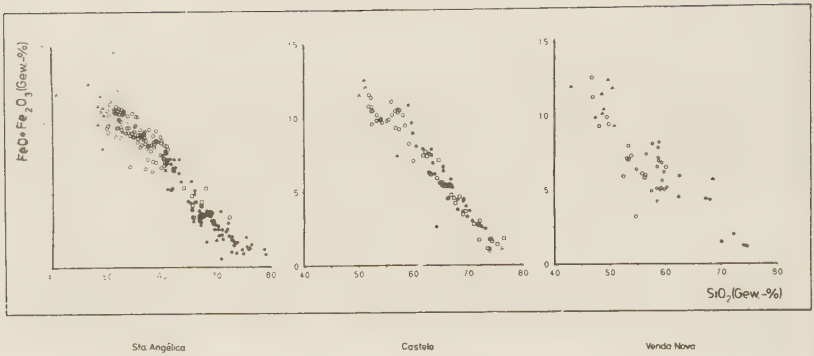


Abb. 5.60: Variationsdiagramm FeO+Fe2O3 - SiO2 der Intrusiva
Bei allen drei Diagrammen verlaufen leicht gekrümmte bis lineare Trends vom Gabbro zum Diorit (Mischgestein). Diese besitzen eine deulich andere Steigung als die Trends der granitischen Gesteine.
In der Umgebung von 60% SiO2 befinden sich Proben, welche auf einer linearen Verbindung zwischen Diorit und basischeren Granit-(Granodiorit) Proben liegen und Mischung andeuten.
Granit 1:*; Granit 2:□; Diorit (Mischgestein):o; Dioritgabbro:△; Syenit:◊;

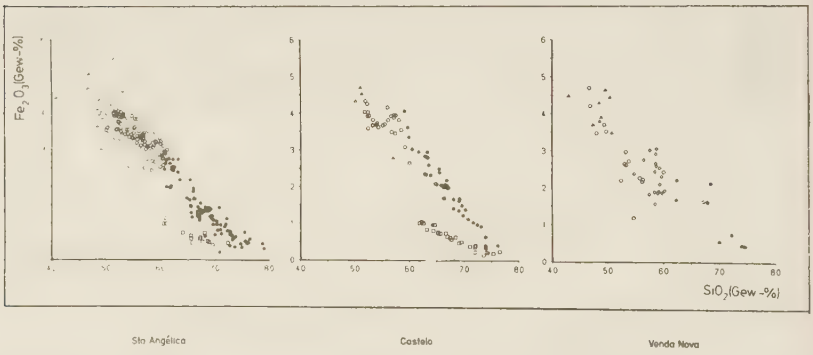


Abb. 5.61: Variationsdiagramm Fe2O3 - SiO2 der Intrusiva
Die Granit 2-Proben unterscheiden sich von den Granit 1-Proben durch einen anderen Oxidationsgrad und ähneln mehr dem Granit-Granodiorit-Gneis (flacher Trend).
Besonders bei Castelo und Venda Nova deuten sich mehrere Trends bei den basischen Gesteinen an.

Granit 1:*; Granit 2:□; Diorit (Mischgestein):o; Dioritgabbro:△; Syenit:◊;

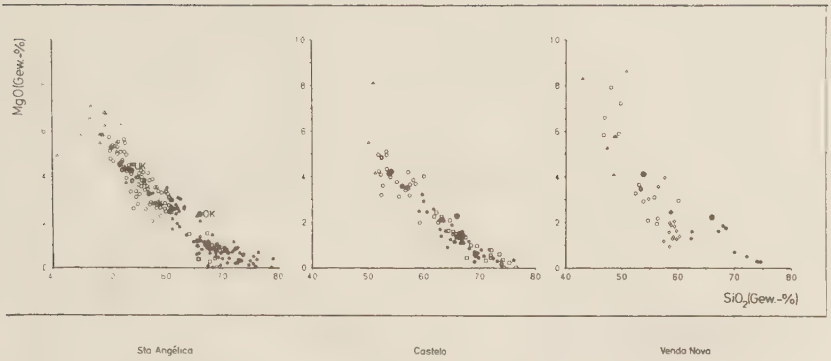


Abb. 5.62: Variationsdiagramm MgO - SiO2 der Intrusiva
Die wenigen (3) hohen MgO-Gehalte von Venda Nova (12-18% MgO; 43%-45% SiO2) sind nicht eingetragen
Auch hier schöne, fast geradlinige Trends vom Dioritgabbro zum Diorit oder Syenit.
Zwischen 57% und 63% SiO2 laufen die Trends der Granite und der basischen Gesteine parallel. Es kann dies als Hinweis auf Mischung gedeutet werden (VOGEL 1982, 1984)
Granit 1:*; Granit 2:□; Diorit (Mischgestein):o; Dioritgabbro:△; Syenit:◊;
UK: Unterkruste; OK: Oberkruste
(TAYLOR et al. 1977);

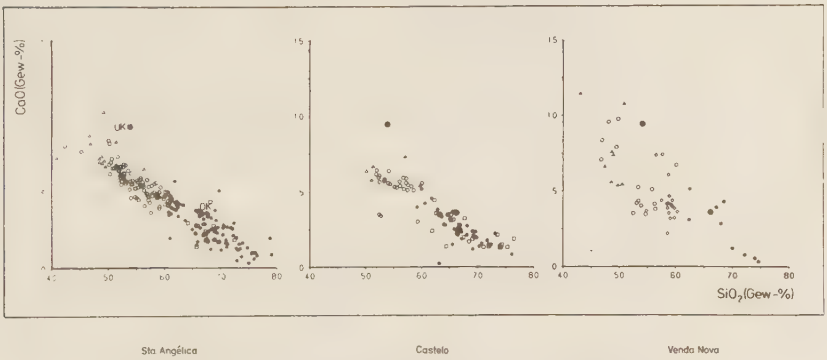
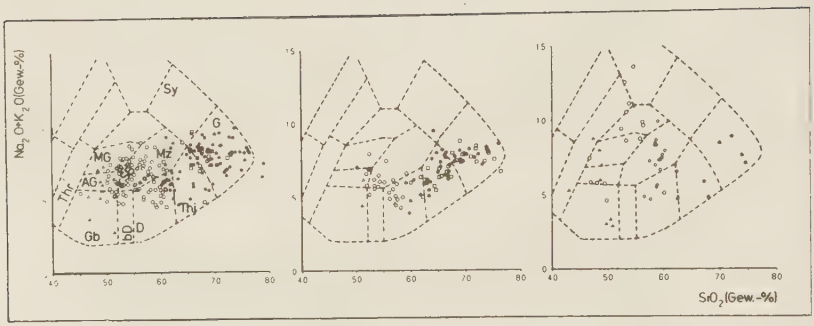


Abb. 5.63: Variationsdiagramm CaO - SiO2 der Intrusiva
Bei den basischen Gesteinsfamilien zeigen sich ebenfalls andeutungsweise verschiedene Trends.
Alle Kurven sind linear bis leicht gekrümmt.
Granit 1:*; Granit 2:□; Diorit (Mischgestein):o; Dioritgabbro:△; Syenit:◊;
UK: Unterkruste; OK: Oberkruste
(TAYLOR et al. 1977)



Sta. Angélica Castelo Venda Nova

Abb. 5.64: Variationsdiagramm Alkalien - SiO2 der Intrusiva
Zwei Trends sind zu erkennen:
a. Basische Gesteine: Vom Gabbro/Alkaligabbro zum Monzonit/Syenit
b. Saure Gesteine: Vom Granodiorit/Trondhjemit zum Granit

Die Mischgesteinsproben liegen an der Grenze zwischen Monzonit/Diorit und im Diorit-Feld.

Granit 1:*; Granit 2:□; Diorit (Mischgestein):o; Dioritgabbro:△; Syenit:◇;

Abkürzungen der Felder: Thr: Theralith;
Gb: Gabbro; AG: Alkaligabbro; MG: Monzogabbro;
MZ: Monzonit; bD: basischer Diorit; D: Diorit;
Thj: Trondhijemit; SB: saure Basanite;
SY: Syenit; G: Granit; (COX et al. 1979)

Die Proben des Syenomonzonits von Venda Nova befinden sich überwiegend im Monzonit-, aber auch im Diorit-Feld.

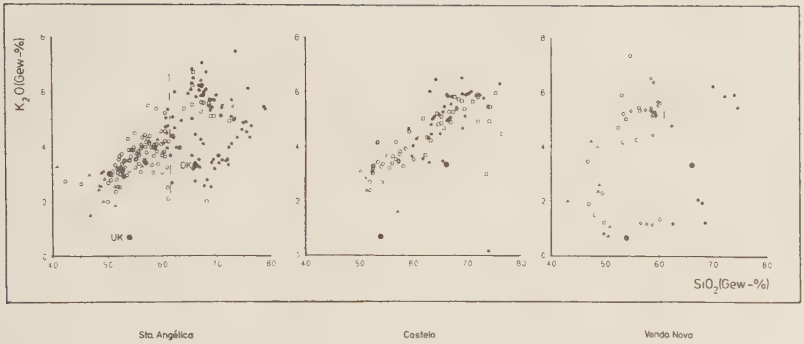


Abb. 5.65: Variationsdiagramm K2O - SiO2 der Intrusiva
Eine Aufspaltung der basischen Gesteine bei etwa 60-65% SiO2 kennzeichnet diese Diagramme.
Granit 1:*; Granit 2:□; Diorit (Mischgestein):o;
Dioritgabbro:△; Syenit:◊;
UK: Unterkruste; OK: Oberkruste
(TAYLOR et al. 1977);

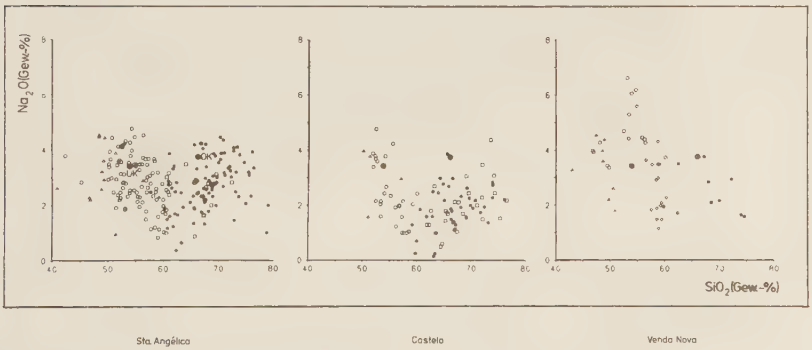


Abb. 5.66: Variationsdiagramm Na2O - SiO2 der Intrusiva
Beide Gesteinsfamilien besitzen in etwa gleiche Na-Gehalte. Die Werte sind teilweise gegenläufig zum K-Gehalt verschoben.
Zwei parallele Trends deuten sich bei den basischen Gesteinen an (vorwiegend Sta. Angelica), während die Verteilung bei den Graniten diffus ist.
Granit 1:*; Granit 2:□; Diorit (Mischgestein):o;
Dioritgabbro:△; Syenit:◊;
UK: Unterkruste; OK: Oberkruste
(TAYLOR et al. 1977);

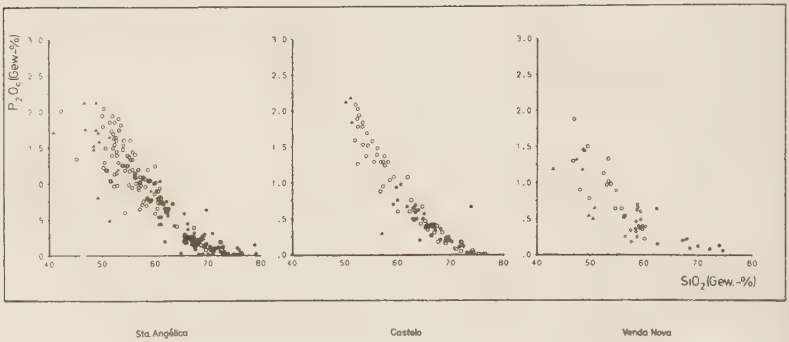


Abb. 5.67: Variationsdiagramm P2O5 - SiO2 der Intrusiva
Die Verteilung der darstellenden Punkte des Dioritgabbros weisen auf mehrere parallele Trends mit abnehmendem SiO2-Gehalt hin.
Deutlicher erkennbar ist dies im Diagramm von Venda Nova. Unter Umständen geht eine P-Abnahme mit dieser Entwicklung einher.
Granit 1:✳; Granit 2:□; Diorit (Mischgestein):o; Dioritgabbro:△; Syenomonzonit:◊;

Spurenelemente
Femische Elemente - SiO_2 (Abb. 5.68)
V, Cr, Co, Ni und Cu liegen auf mehr oder weniger gut ausgebildeten Trends, die aber generell einen Versatz (Venda Nova) oder Winkel (Sta. Angelica) zwischen der Verteilung der basischen und sauren Proben aufweisen.
V zeigt im Kurvenverlauf Ähnlichkeit mit TiO_2 und P_2O_5.
Bei Sta. Angelica und deutlicher noch bei Venda Nova bilden die basischen Gesteine zwei Trends aus.
Die Randfazies des Granit 1 hat erhöhte V-Gehalte.
Granit 1 und Granit 2 besitzen vergleichbare Verteilungen.

Rb, Pb - SiO_2 (Abb. 5.69)
Die Probenverteilung bei den basischen Gesteinen ist sehr inhomogen und äußert sich in einer Wellenform der Haupttrends (Sta. Angelica: 50%-55%; 55%-60%).
Eventuell sind auch mehrere sich überlagernde Trends vorhanden.
Bei Castelo besitzen Granit 1- und Granit 2-Proben gleiche Verteilung und letztere stimmen in der Lage mit den Granit 2-Punkten von Sta. Angelica überein.
Der mittlere Rubidiumgehalt nimmt beim Granit 1 von Venda Nova über Sta. Angelica nach Castelo zu.
Nach der Einteilung von PEARCE et al. (1984) sind die Granite den "within-plate"- und den "syn-collision"-Gesteinen zuzurechnen.

Sr - SiO_2 (Abb. 5.70)
Eine deutliche Lücke bei 62-64% SiO_2 und höhere Werte bei Castelo und Venda Nova kennzeichnen diese Diagramme.
Auch hier drängt sich durch die Verteilung der Eindruck mehrerer, $\pm$ paralleler Trends bei den basischen Gesteinen auf.
Bei den Graniten nimmt der Strontiumgehalt bei SiO_2-Werten über 74% wieder leicht zu.
Beim Granit 1 sind ebenfalls mindestens zwei Gruppierungen erkennbar (bei 70% SiO_2 tritt ein Absatz auf).

Y, Zr, Nb - SiO_2 (Abb. 5.71)
Die Trends verlaufen bis in intermediäre Bereiche $\pm$ waagrecht und fallen dann steil zu den sauren Endgliedern ab.
Eine Veränderung des Nb-Gehaltes läßt sich nicht durch Differentiation erklären, sondern durch Variation im Alkalinitätsgrad.
Nach PEARCE et al. (1984) liegen die Granitproben im Feld für "within-plate"-und "collision"-Gesteine.
Die Typen "ocean-ridge"- und "volcanic-arc"-Granite werden durch andere Diskriminations-Diagramme (Abb. 5.69) ausgeschlossen.

Ba, Ga - SiO_2 (Abb. 5.72)
Barium nimmt zu intermediären Differentiaten mit zunehmender K-Feldspat-Kristallisation und Biotitbildung zu, um dann zu sauren Bereichen abzunehmen (MASON et al. 1985).
Im Diagramm erscheinen zwei Gruppen bei den basischen Gesteinen:

a) Dioritische Proben mit niedrigem Ba-Gehalt
b) Dioritische Proben mit hohen Ba-Werten

Barium kann wegen der Lage des Peaks bei der EdRFA im ungünstigen Fall nur halbquantitativ bestimmt werden, sodaß die Ergebnisse kritisch zu bewerten sind.
Zur analytischen Problematik kommt noch die inhomogene Zusammensetzung der basischen Gesteine.

U_2O_3 - SiO_2 (Abb.5.73)
Nach normal niedrigen Werten beim Dioritgabbro (0.1 bis 1ppm) erfolgt ein rascher Anstieg zu den Graniten.
Die höchsten Gehalte treten beim Granit 1 von Sta. Angelica Castelo auf.
Einzelne Proben des Diorits/Granodiorits (Mischgestein) besitzen ähnliche Gehalte wie Granit 1 und Granit 2.

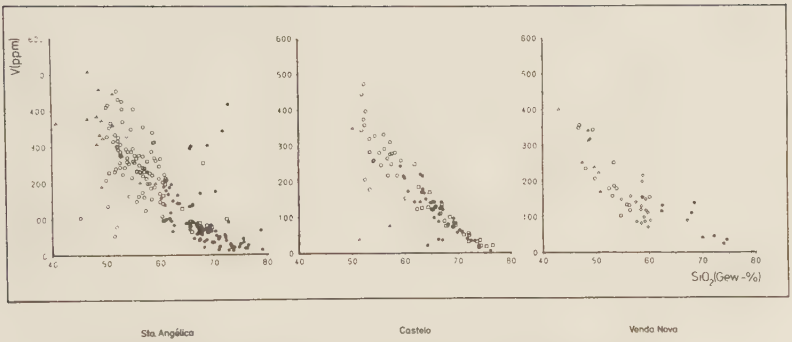


Abb. 5.68: Variationsdiagramm V - SiO2 der Intrusiva
Der Dioritgabbro nimmt in seinen V-Gehalten von 500ppm bis etwa 100ppm ab. Bei Venda Nova sind deutlich mehrere Trends zu erkennen.
Auffällig die erhöhten V-Werte einzelner Granit-Proben zwischen 55 und 72% SiO2 (Sta. Angelica).
Granit 1:*; Granit 2:□; Diorit (Mischgestein):o; Dioritgabbro:△; Syenit:◊;

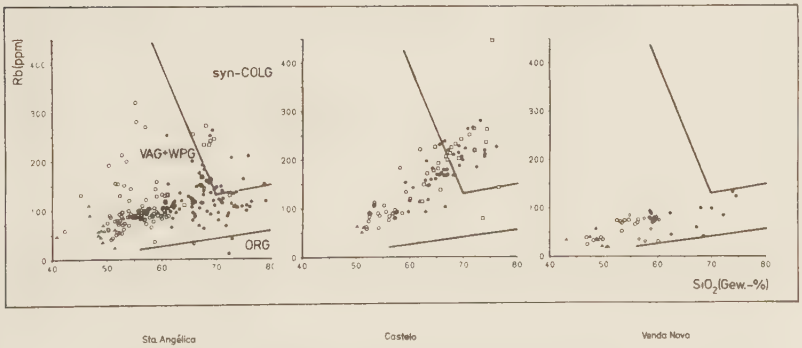


Abb. 5.69: Variationsdiagramm Rb - SiO2 der Intrusiva
Einteilung der Gesteinsbereiche nach PEARCE et al. (1974).
Die Granite der Intrusionen liegen in den Feldern für "within-plate"- und "syn-collision"-Gesteinen. Durch Vergleich mit der Nb - SiO2-Verteilung (Abb. 5.74) schließen sich "volcanic arc"- und "ocean-ridge"- Gesteine aus.
Granit 1:*; Granit 2:□; Diorit (Mischgestein):o; Dioritgabbro:△; Syenit:◊;

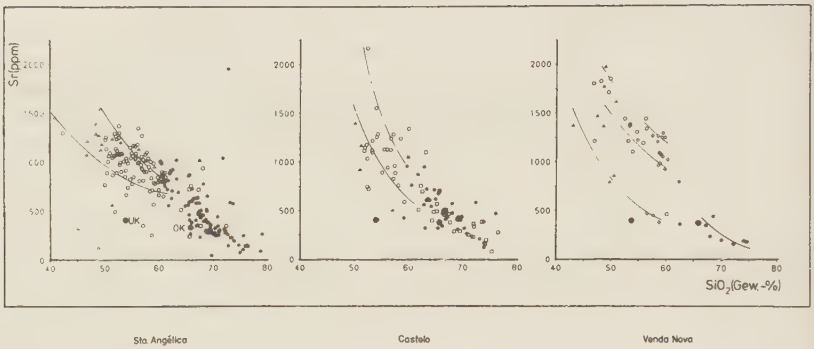


Abb. 5.70: Variationsdiagramm Sr - SiO2 der Intrusiva
Auffällig ist hier die große vertikale Streuung der basischen Gesteine. Dies deutet ebenfalls auf eine Entwicklung (höherer Grad der Aufschmelzung des oberen Mantels, Fraktionierung, Kontamination) des intrudierenden basischen Magmas hin.
Mögliche Einzeltrends sind eingezeichnet.
Granit 1:*; Granit 2:□; Diorit (Mischgestein):o;
Dioritgabbro:△; Syenit:◊;
UK: Unterkruste; OK: Oberkruste
(TAYLOR et al. 1977);

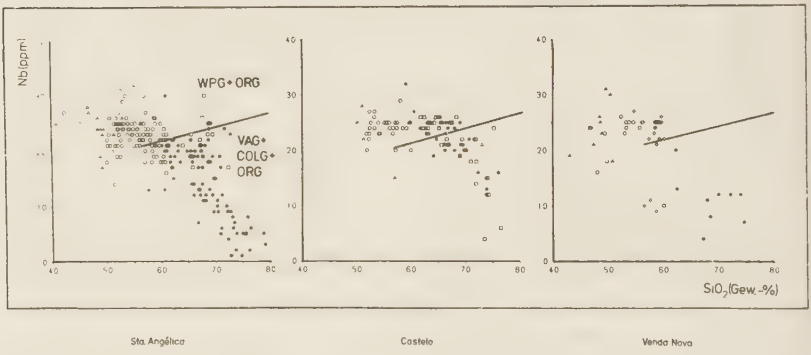


Abb. 5.71: Variationsdiagramm Nb - SiO2 der Intrusiva
Eingezeichnet ist die Unterteilung nach PEARCE et al. (1974) für "within plate"- und "ocean ridge"- sowie "volcanic arc"-, "collision"- und "ocean-ridge"- Gesteine. Es ist eine Entwicklung von Venda Nova über Sta. Angelica zu Castelo zu erkennen (COL-Granite zu WP-Granite).
Granit 1:*; Granit 2:□; Diorit Mischgestein):o;
Dioritgabbro:△; Syenit:◊;

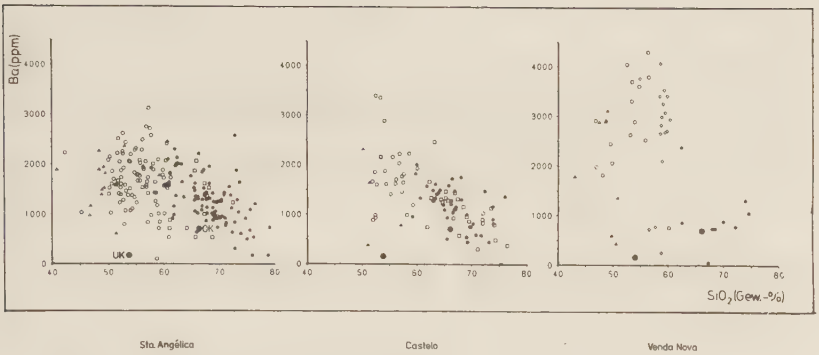


Abb. 5.72: Variationsdiagramm Ba - SiO2 der Intrusiva
Durch unterschiedlichen Ba-Gehalt werden die Granitproben in zwei Gruppen gegliedert (A; B). Bei der basischen Gruppe ist eine große Variationsbreite gegeben. Hier läßt sich eine Veränderung der basischen Ausgangsgesteine durch Aufschmelzungsgrad, Kontaminationsanteil oder einer variierenden Zusammensetzung des Mantels vermuten
Granit 1:*; Granit 2:□; Diorit (Mischgestein):o;
Dioritgabbro:△; Syenit:◊;
UK: Unterkruste; OK: Oberkruste
(TAYLOR et al. 1980)

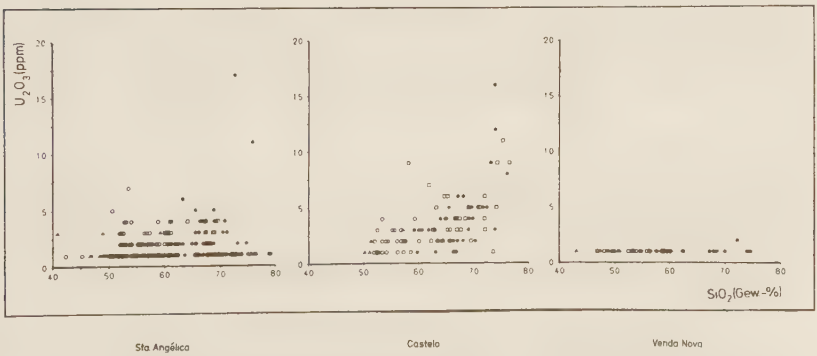


Abb. 5.73: Variationsdiagramm U2O3 - SiO2 der Intrusiva
Die höchsten U-Gehalte besitzt der Granit 1 von Sta. Angelica und Castelo. Jedoch erreichen auch dioritische Mischgesteinsproben mittlere Granit 1-Urangehalte.
In Venda Nova bewegen sich die Gehalte nahe der Nachweisgrenze.
Granit 1:*; Granit 2:□; Diorit (Mischgestein):o;
Dioritgabbro:△; Syenit:◊;

Variationsdiagramme gegen D.I.
Zur Darstellung von Fraktionierungsvorgängen ist es oft nützlich den Differentiationsindex (D.I.) nach THORNTON und THUTTLE (1960) zu verwenden.
Dieser, sich aus normativen Mineralen berechnende, Index gibt sehr gut die sich mit zunehmender Differentiation ändernden Mineralanteile wieder.
Berechnungsgrundlage:

D.I.= q+ab+or+ne+ks+ns

Die Indizes für die Granite (80-90) sind kennzeichnend für kompressionale Granite (SIAL et al. 1976).

Hauptelemente
CaO - D.I. (Abb. 5.74)
Ein deutlich gerader, für Differentiation üblicher Trend verläuft von basischen Gesteinen zum Diorit (Mischgestein), wobei der Syenomonzonit gleichhohe D.I.-Werte (bis 80) aufweist.
In einem flacheren Winkel dazu und sich teilweise mit der Verteilung der saureren Dioritproben überschneidend, liegen die Granitproben-Punkte.
Der Granit 2 besitzt einen ähnlichen Differentiationsindex wie ein großer Teil der Granit 1-Proben.
Deutlich ist auch der Versatz der Trendlinie zwischen Mischgesteins-Proben (58%-65% SiO2) und den Granit 1-Proben zu erkennen.
Von Venda Nova über Sta. Angelica zu Castelo ist eine Zunahme des D.I. der basischen Ausgangsglieder zu konstatieren.

P2O5 - D.I. (Abb. 5.75)
Es treten sowohl gerade Trends bei den basischen, wie auch bei den sauren Gesteinen auf. Bei den basischen Gesteinen streuen die Probenpunkte bei gleichem D.I. deutlich im P-Gehalt. Ein Winkel zwischen den Trends ist auffällig.
Die Proben des Mischgesteins weisen einen D.I. von etwa 60 auf.

Spurenelemente
Nb - D.I. (Abb. 5.76)
Bei der Differentiation sollte sich der Nb-Gehalt nicht wesentlich verändern, dagegen jedoch deutlich mit dem Alkalinitätsgrad des Magmas.
Die Veränderung des Gehalts der Dioritgabbro-Proben (D.I. ca. 40; Nb.: 15-30ppm) zeigt eine Veränderung der Alkalinität an.
Bei den Granit-Proben lassen sich andeutungsweise zwei Gruppen unterscheiden:
Eine mit mittleren Nb- (20ppm) und eine mit moderaten, niedrigen Werten (10-2ppm) bei gleichem D.I. (70-90).

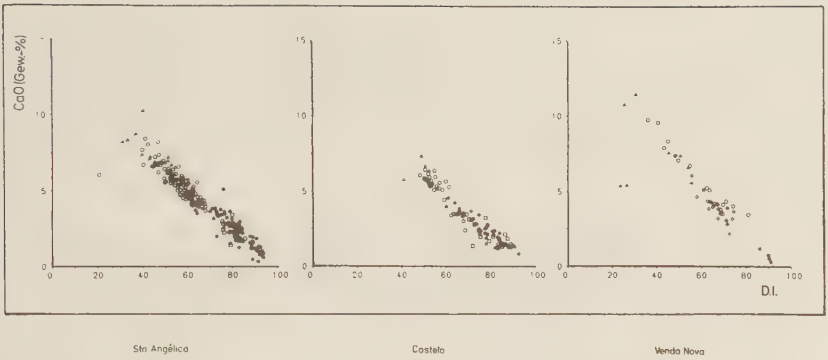


Abb. 5.74: Variationsdiagramm CaO -D.I. der Intrusiva
Gut zu erkennen sind die beiden etwas gegeneinander versetzten Trends der zwei Gesteinsfamilien.
Der Syenomonzonit und einige Dioritproben besitzen gleichhohe D.I.
Granit 1:✳; Granit 2:□; Dioritgabbro:△;
Diorit (Mischgestein):○; Syenomonzonit:◇;

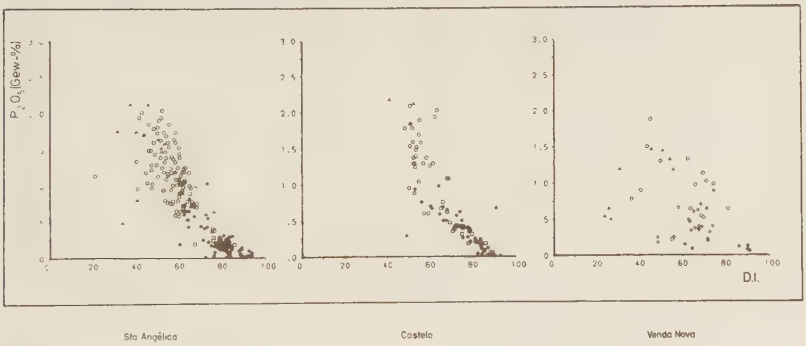


Abb. 5.75: Variationsdiagramm P2O5 - D.I. der Intrusiva
Die Aufteilung in die zwei Gesteinsfamilien ist deutlich zu sehen. Beim Dioritgabbro treten große Unterschiede im P-Gehalt auf, die sich durch Differentiation alleine nicht erklären lassen.
Eine sich verändernde intrudierende Schmelze, die differenziert und kontaminiert wird, ist wahrscheinlicher.
Granit 1:✳; Granit 2:□; Dioritgabbro:△;
Diorit (Mischgestein):○; Syenomonzonit:◇;

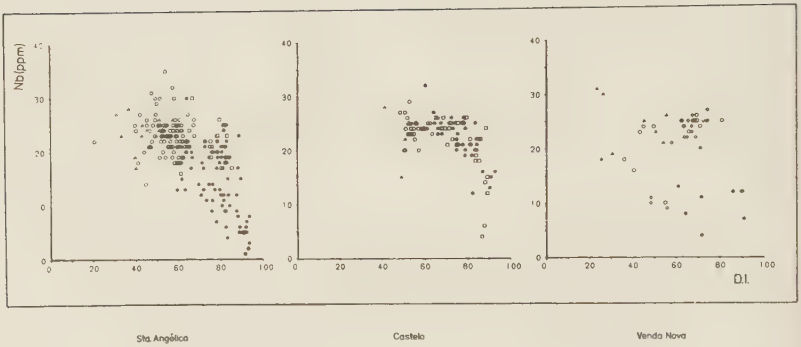


Abb. 5.76: Variationsdiagramm Nb - D.I. der Intrusiva
Deutlich zu erkennen ist die Abnahme des Nb-Gehaltes bei den basischen Gesteinen (etwa gleiche D.I.). Die Granite bilden zwei Gruppen mit etwa gleichem D.I. und unterschiedlichem Nb-Gehalt.
Granit 1:✳; Granit 2:□; Dioritgabbro:△;
Diorit (Mischgestein):○; Syenomonzonit:◇;

Variationsdiagramme gegen Alkalien
Bei zunehmender Entwicklung zu höher differenzierten Gesteinen der gleichen Entwicklungsreihe sollten die Alkalien zunehmen, ebenso wie die anderen Elemente dazu korreliert ab- oder zunehmen sollten.
Dies trifft auf die Gesamtheit der untersuchten Proben nicht zu. Sowohl die Granite wie auch die basische Gesteinsfamilie folgen eigenen Trends.

P2O5 - Alkalien (Abb. 5.77)
Sehr schön ist hier die Entwicklung der basischen Gesteine von P-reichen, alkalienarmen zu P-armen, alkalienreicheren zu sehen. Die Granit-Proben besitzen eine wolkige Verteilung (Sta. Angelica) bei nahezu gleichbleibenden P-Werten und bei Castelo einen Trend von Si-reichen, P-armen zu Si-armen, P-reichen Proben.
Die vermuteteten Mischgesteine sind umrandet (gepunktet). Primäre Schmelzen (nach GROHMANN 1981) und ihre Differentiationstrends sind eingetragen, jedoch durch die nachgewiesene Magmendurchmischung nicht ohne weiteres übertragbar.

TiO2 - Alkalien (Abb. 5.78)
Steil abfallend von hohen Werten sind Übergänge zum Granit 2 zu erkennen. Bei den darstellenden Punkten des Intrusionskörpers von Castelo ist im Gegensatz zu Sta. Angelica und Venda Nova ein deutlicher, üblicherweise Fraktionierung darstellender Trend zu sehen.
Der Syenomonzonit weist bei etwa gleichen Ti-Gehalten sehr unterschiedliche Alkaliengehalte auf.

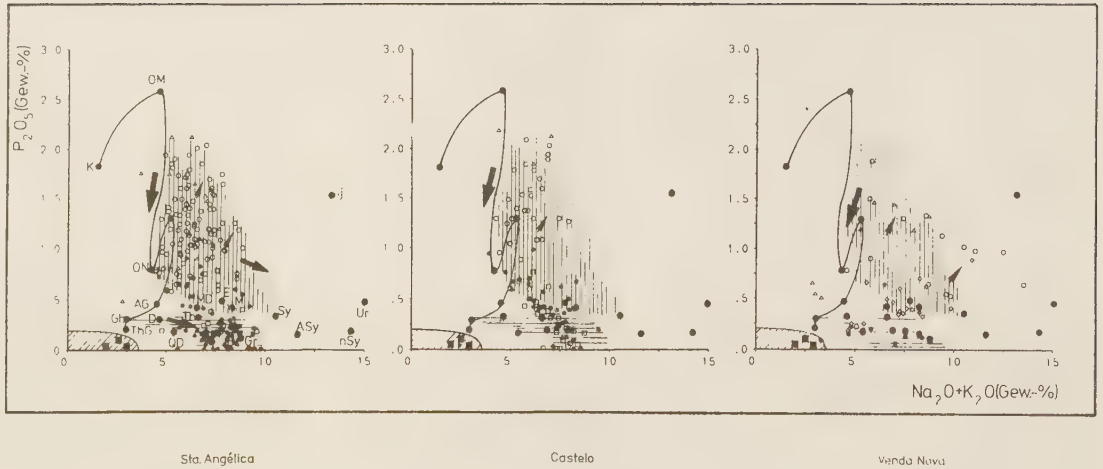


Abb. 5.77: Variationsdiagramm P2O5 - Alkalien der Intrusiva
Bei gleichen Alkaliengehalten weisen die Proben sehr unterschiedliche P-Gehalte auf.
Granit 1:✳; Granit 2:□; Dioritgabbro:△;
Diorit (Mischgestein):○; Syenomonzonit:◇;
Eingetragen sind die Fraktionierungstrends (schraffiert) nach GROHMANN (1981).

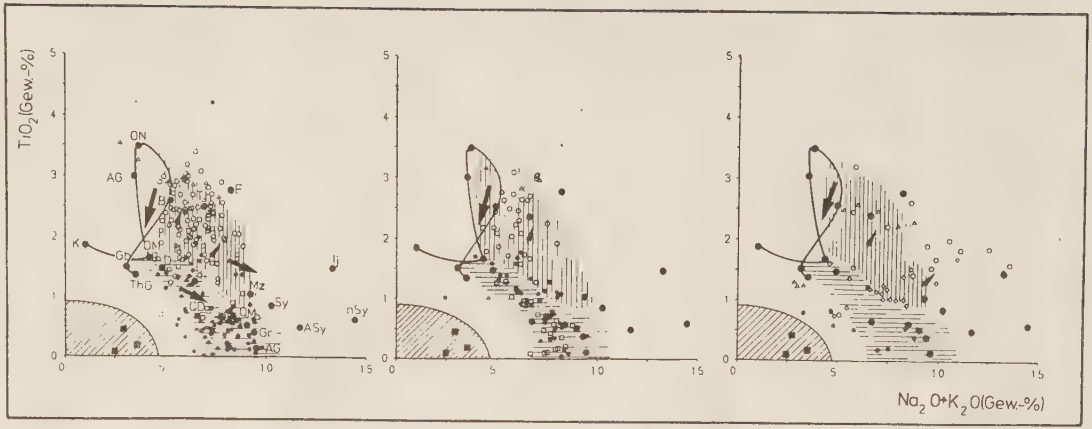


Abb. 5.78: Variationsdiagramm TiO2 - Alkalien der Intrusiva
Gut ist die Aufspaltung in einzelne ± parallele Trends (Differentiation, Kontaminierung ?) bei Venda Nova und bedingt auch bei Sta. Angelica zu erkennen.
Granit 1:*; Granit 2:□; Dioritgabbro:△; Diorit (Mischgestein):o; Syenomonzonit:◊; Eingetragen sind die Fraktionierungstrends (schraffiert) nach GROHMANN (1981).

5.3.5.2. E-Wert-Diagramm nach GROHMANN (1981)

Aufgetragen wird der Quotient FeO(tot)/MgO gegen den Entwicklungswert E=4.16x(Na2O+K2O)+SiO2
Nach GROHMANN (1981) verlaufen die Variationsreihen der primären Basalte wie auch die der höher differenzierten Gesteine subparallel zur Funktion:

y=4.16x(Na2O+K2O)+SiO2

Der E-Wert kann nun für unterschiedlich differenzierte Gesteine fest angegeben werden. Das Verhältnis FeO/MgO steigt ebenfalls mit der Differentiation an und besitzt außerdem für tholeiitisch entwickelte Gesteine bei gleichem Differentiationsgrad höhere Werte als für kalkalkalische Reihen. Durch diesen Unterschied ist eine gute Trennmöglichkeit von tholeiitischer und kalkalkalischer Entwicklung gegeben (Abb. 5.79).
Der überwiegende Teil der Proben zeigt einen kalkalkalischen Differentiationstrend, ein Teil (25) weist erhöhte FeO(tot)/MgO-Werte auf.

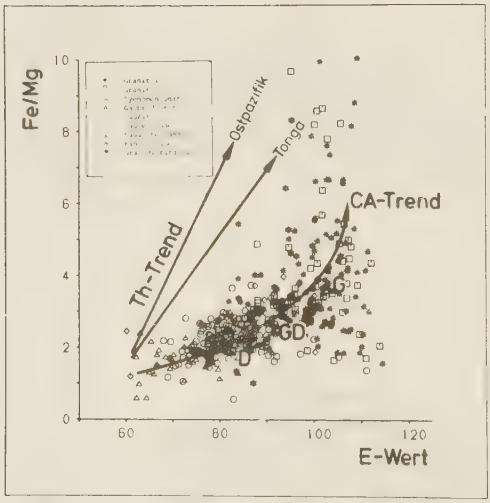


Abb. 5.79: E-Wert-Diagramm nach GROHMANN (1981)
CAC: Kalkalkalischer Trend; TH: Tholeiitischer Trend; Gd : Granodiorit;
ATr:Alkalitrachyt; Tr: Trachyt; G: Granit;
Ph: Phonolith; OK: Oberkruste;
Referenzdaten nach Durchschnittswerten von NOCKOLDS (1954)
Weitere Erläuterungen siehe Text

5.3.5.3. AFM-Diagramme (Abb. 5.84)

In diesen Dreiecken sind alle Intrusivgesteine getrennt nach Intrusionen dargestellt.
Alle Gesteine folgen in etwa dem kalkalkalischen Differentiationstrend. Eine Verschiebung bzw. Überlappung einzelner Granit- und Diorit(Mischgesteins-)proben tritt in mittleren Bereichen der Kurven auf.
Im Gegensatz zu den Verteilungen von Sta. Angelica und Castelo können die Gesteine von Venda Nova eindeutig getrennt werden.
Die Trends der sauren Gesteine verlaufen im Winkel zu den üblichen kalkalkalischen Trends.

5.3.5.4. K-M-N-Dreiecke (Abb. 5.81)

Die Proben wurden, nach Gesteinen unterschieden, in verschiedenen Dreiecken dargestellt. Der normale Differentiationstrend ist eingezeichnet. Deutlich erkennbar ist die Verschiebung der sauren Gesteine zur K-Ecke.
Die darstellenden Punkte der basischen Intrusivgesteins-Proben liegen überwiegend auf dem Normaltrend und sind allenfalls etwas kaliumreich.
Die Gänge lassen sich in dioritisch-gabbroide und granodioritische unterteilen; daneben treten saure mit hohen Na- und niedrigen K-Werten auf.
Die basischen Einschlüsse enthalten relativ viel Mg und liegen im Feld für Pyroxenite/Granatpyroxenite.

5.3.5.5. Na_2O-CaO-K_2O-Dreiecke (Abb. 5.82)

Die sauren Gesteinsproben fallen überwiegend in den Granit-Adamellit-Granodiorit-Bereich mit einer deutlichen Gliederung durch unterschiedliche Na/K-Verhältnisse.
Die Punkte der basischen Gesteine liegen in der CaO-Ecke in den Feldern für Tonalit, Adamellit und Granodiorit.
Die Gänge lassen sich den beiden Gesteinsfamilien zuordnen.
Der überwiegende Anteil der Granitproben liegt im Bereich für metamorphe (anatektische) Granite.

5.3.4.6. Ba-Rb-Sr-Dreiecke (Abb. 5.83)

In dieser Darstellung lassen sich normaldifferenzierte Gesteine von den anomalen (anatektischen, metamorphen, kontaminierten) Magmatiten unterscheiden.
Sr nimmt seit den frühesten Differentiationsstadien durch Plagioklasausscheidung ab, wodurch sich Ba und Rb in der Schmelze relativ anreichern.
Mit der Kristallisation des Biotits, der Na-reichen Plagioklase und der Alkalifeldspäte beginnt ebenfalls Ba abzunehmen (in der Restschmelze) und Rb reichert sich bis in die späten Differentiate an.
Die sauren Proben der Intrusionen häufen sich am Rand des Normalgranit-Feldes und des Bereiches für "anomale" Granite.
Die Basite und intermediären Gesteine liegen auf dem Normaltrend und fallen ins Diorit-Quarzdiorit-Feld.

Die basischen Einschlüsse (Venda Nova) sind durch metasomatische Prozesse an Rb verarmt oder spiegeln möglicherweise die chemische Zusammensetzung des Ausgangsgesteins wieder.

Die Granite 1 und 2 ähneln chemisch stark den Graniten von Ipiranga-RJ (PUDJET und PENHA 1980).

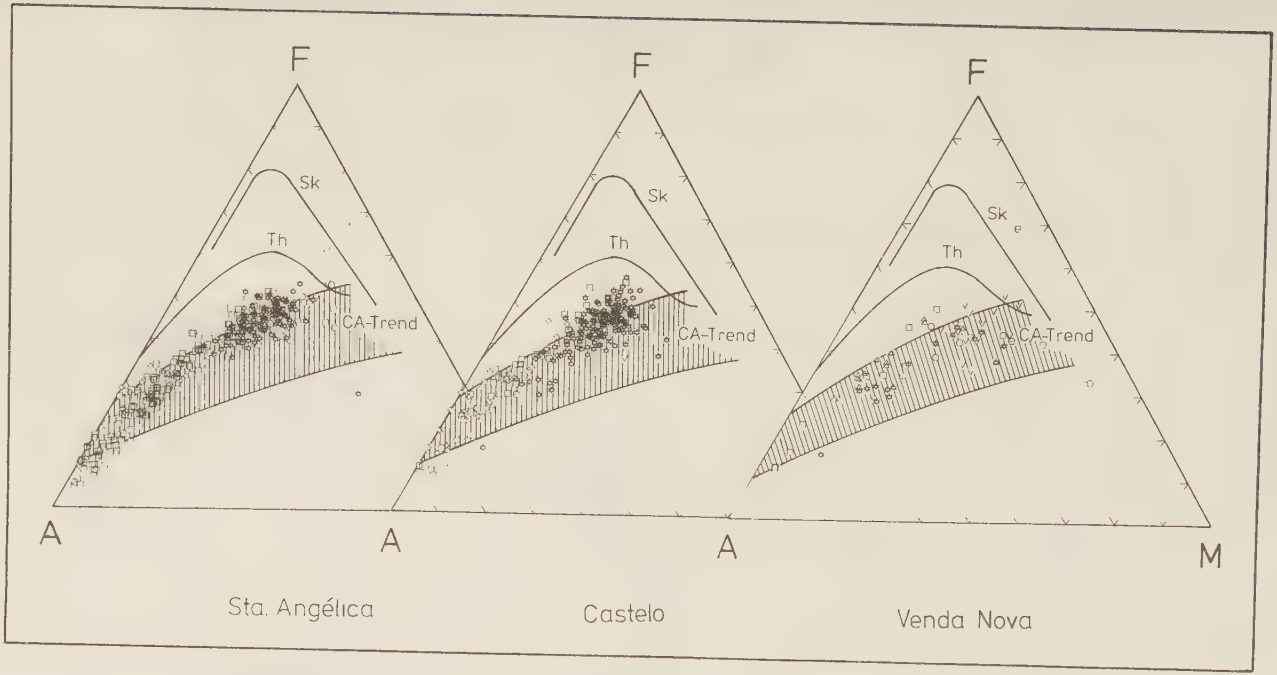


Abb. 5.80: AFM-Dreiecke der drei Intrusionskörper
G1:□;G2:◇;GG: ; DG:○; D:☆; SM:△; E:e; SG:a; BG:b;
Alle Trends liegen im CA-Feld und beginnen im intermediären Bereich. Die homogenen Trends weisen nach MARTIN et al. (1972) auf kompressives Milieu hin.

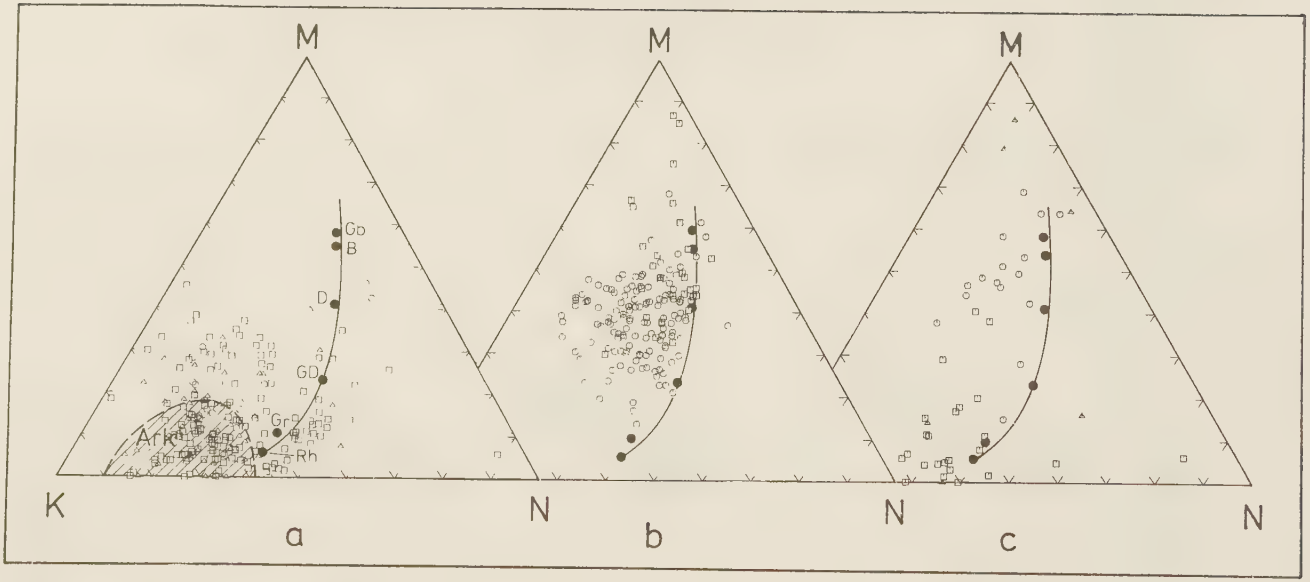


Abb. 5.81: K-M-N-Darstellung der Intrusionen
(DE LA ROCHE 1966, 1968)
a: saure Gesteine; b: basische Gesteine, c: Gänge
und Einschlüsse;
G1:□; G2:○; DG:⊡; D:⊙; SM:△; E:▲; SG:⊡; BG:⊙;
Die Granit-Proben liegen überwiegend im Feld für
Arkose (Ark). Die basischen Gesteinsproben-Punkte
sind vom Fraktionierungstrend etwas zur
K-M-Seite verschoben.

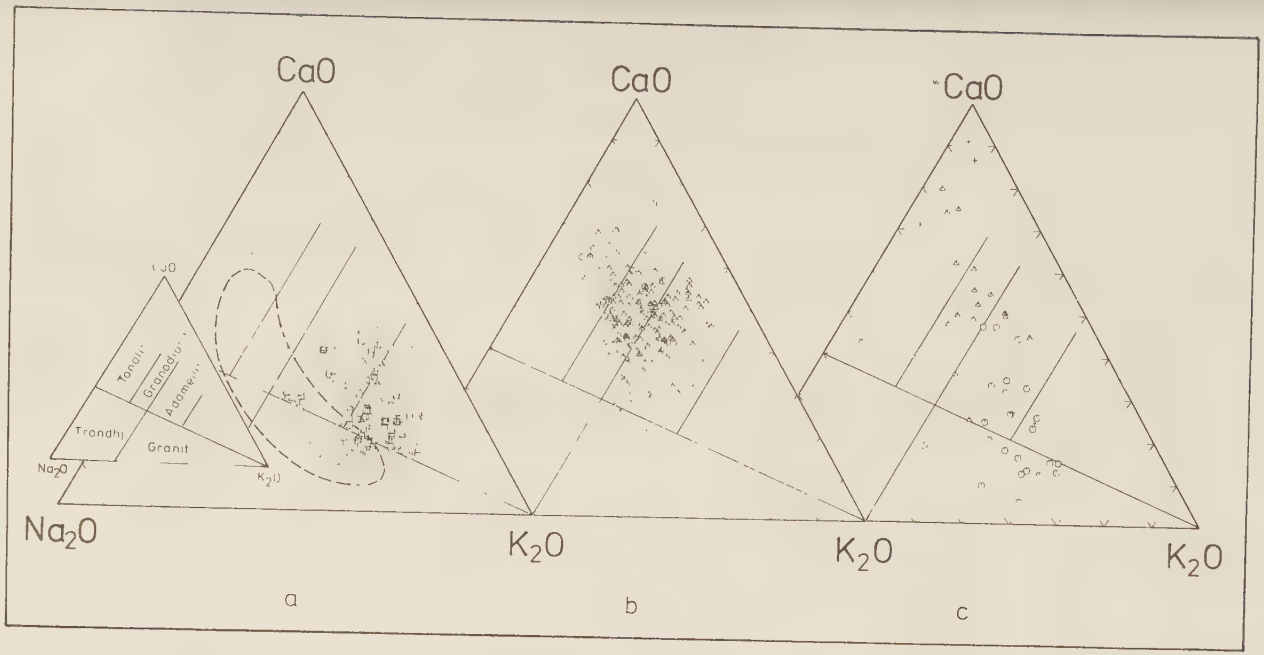


Abb. 5.82: Na2O-CaO-K2O-Dreiecke der Magmatite (nach GLICKSON 1979)
a: saure Magmatite; b: basische Proben; c: Gänge und Einschlüsse;
G1:□; G2:△; DG:⊙; D:▲; SM:○; E:+; SG:⊙; BG:▲;
Die Granit-Proben verteilen sich auf das Feld für magmatogene (gestrichelt) und metamorphe (anatektische) Granite. Die basischen Gesteine verhalten sich ähnlich dem East-Central-Sierra-Nevada Latit (NOCKOLDS et al. 1954).

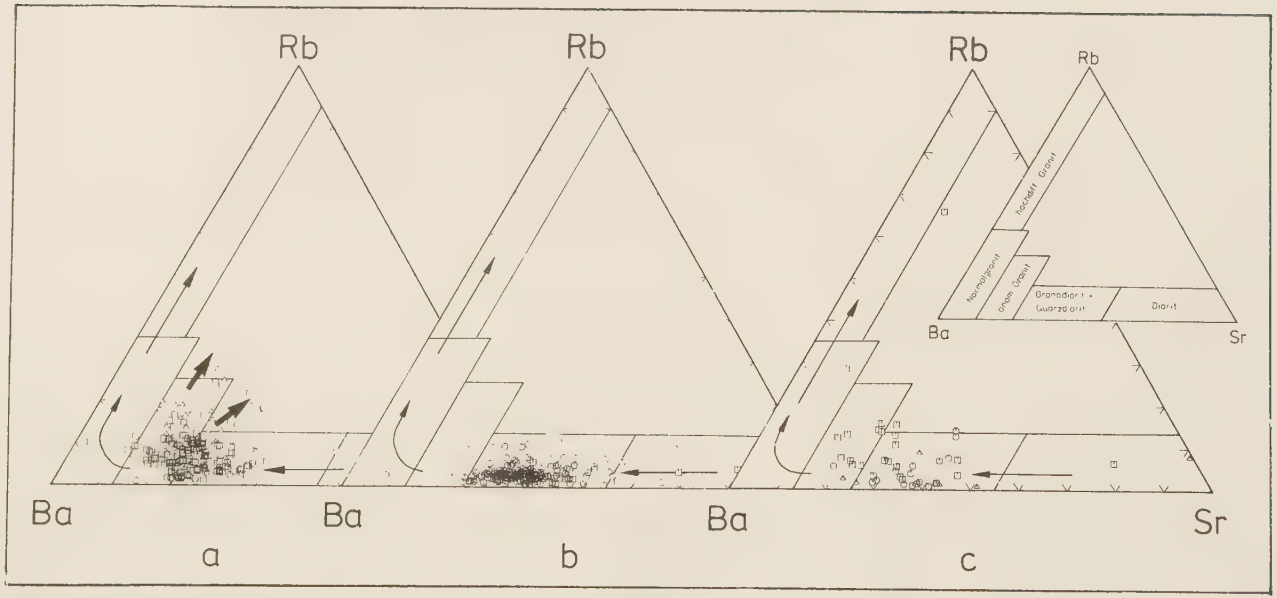


Abb. 5.83: Ba-Rb-Sr-Dreiecke zur Darstellung des Differentiationsweges
(nach EL BOUSEKY und EL SOKKARY 1975)
a: saure Gesteine; b: basische Gesteine; c: Gänge und Einschlüsse;
G1:□; G2:△; DG:⊡; D:⊙; SM:○; E:⊡; SG:⊙; BG:△;
Die basischen Proben-Punkte liegen auf dem normalen Fraktionierungs-Trend.
Die granitischen Proben weisen anteilig erhöhte Rb-Sr-Gehalte auf, was auf anatektische Vorgänge zurückzuführen ist.
Dicke Pfeile: Verschiebung der Gesteinszusammensetzung durch Mischung/Kontamination.

5.3.5.7. R1-R2-Diagramm nach DE LA ROCHE (1980)

In diesem Diagramm werden Proben in einem Netz aus zwei multivariaten Faktoren dargestellt.
Es handelt sich dabei um eine zweidimensional veränderte Darstellung des Q-Ne-Opx-Kpx-Tetraeders von YODER und TILLEY (1962).
Die Faktoren berechnen sich wie folgt.

$R1=4xSi-11x(Na+K)-2x(Ti+Fe^*)$

$R2=6xCa+2xMg+Al$

Die Elementoxide müssen zuerst in Molverhältnisse umgerechnet werden.
Es lassen sich damit gut Differentiations- und anatektische Vorgänge darstellen, beschreiben und deren Stellung zu tektonischen Prozessen ableiten (BATCHELOR und BOWDEN 1985) (Abb. 5.84).
Nach dieser Einteilung,überprüft durch die Daten der Datenbank PETROS, überdecken die untersuchten sauren Gesteine (Abb. 5.85) das Feld für anatektische Granite mit unterschiedlicher Ausrichtung der Punktwolken.
Nach BATCHELOR und BOWDEN (1985) können der Granit 1 und der Granit 2 als "syncollision"- bis "postcollision"-Typ, dagegen der Granit-Granodiorit-Gneis als "precollision"-Typ bezeichnet werden.
Die Gabbros bis Granodiorite (Abb. 5.86) folgen einem Kalkalkali- oder Alkali-Trend.
Die basischen Einschlüsse weisen in das Feld für Kumulate, die basischen Gänge in basische bis alkalibasaltische Bereiche und die sauren Gänge sind den unterschiedlich entwickelten Granitschmelzen zuzuordnen.

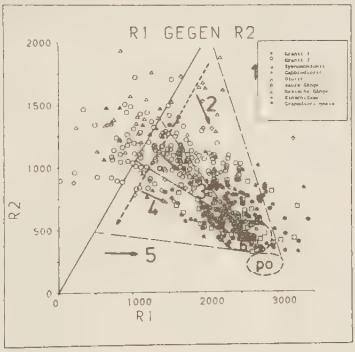


Abb. 5.84: R1-R2-Diagramm (nach DE LA ROCHE 1980) mit der Einteilung nach BATCHELOR und BOWDEN (1985)
1. Mantelderivate
2. "precollision"-Typ
3. "postcollision"-Typ
4. spätorogene Typen
5. anorogene Typen
6. "syncollision"-Typ
po: postorogene Granite

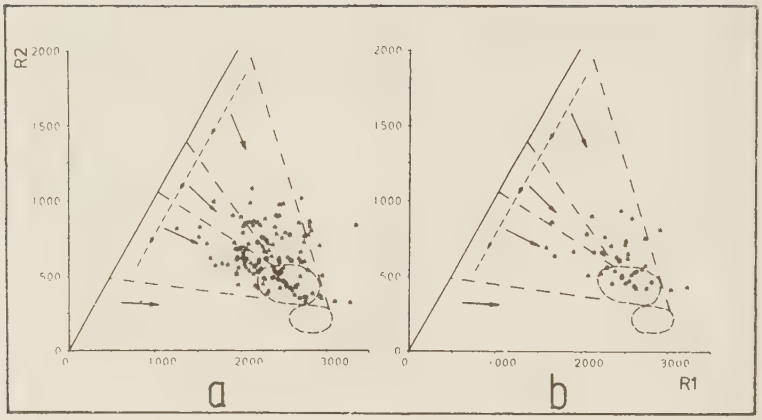


Abb. 5.85: R1-R2-Diagramm des Granit 1 und Granit 2
a. Granit 1; die Lage der Proben deutet auf prä-kollisions bis spätorogene Typen hin.
b. Granit 2; die Punkte weisen ins spätorogene Feld.
Bei beiden Granittypen kommen Proben im Feld für Synkollisions-Granite zu liegen.

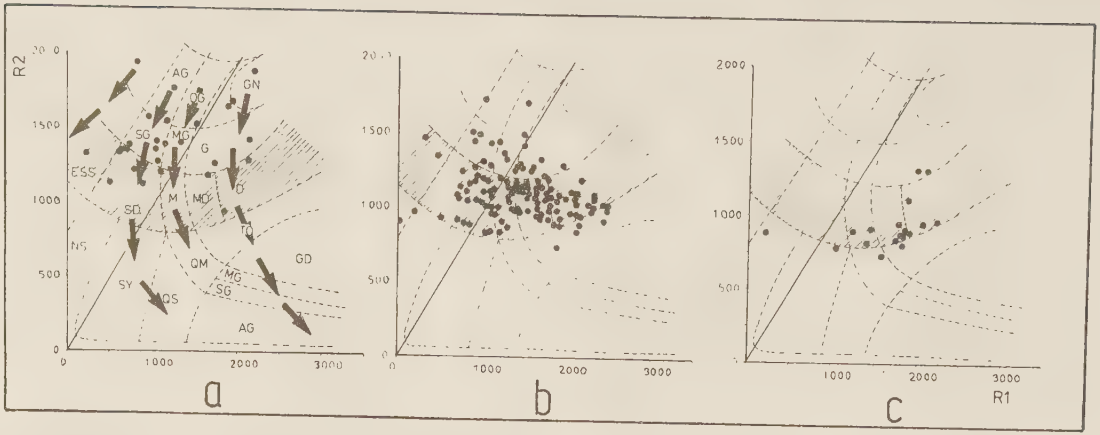


Abb. 5.86: R1-R2-Diagramme des Dioritgabbros, des Diorits (Mischgestein) und des Syenomonzonits
a. Dioritgabbro; b. Diorit (Mischgestein);
c. Syenomonzonit;
Das basische Magma veränderte im Verlauf der Intrusion seinen Chemismus zu alkaliärmeren Bereichen. Die Pfeile stellen Fraktionierungswege dar.
ESS: Essexit; AG: Alkaligabbro; OG: Olivingabbro; GN: Gabbronorit; SG: Syenogabbro; MG: Monzogabbro; G: Gabbro; SD: Syenodiorit; M: Monzonit; MD: Monzodiorit; D: Diorit; NS: Nephelinsyenit; SY: Syenit; QS: Quarzsyenit; QM: Quarzmonzonit; GD: Granodiorit; MG: Monzogranit; SG: Syenogranit; AG: Alkaligranit;

5.3.5.8. Rb-Sr-Diagramm (Abb. 5.87)

Alle Gesteinsgruppen wurden im gleichen Diagramm in unterschiedlichen Symbolen dargestellt. Eine deutliche Zweiteilung in eine Gruppe oberhalb und eine andere unterhalb der Linie für 30km Krustendicke (nach CONDIE 1973) ist zu erkennen. Die erste Gruppe umfaßt im wesentlichen Granit 1, Granit 2, Diorit (Mischgestein), Syenomonzonit und die Dioritgabbro-Proben. Die zweite Gruppe besteht aus Granit-Granodiorit-Gneis und einem Teil der Granit 1-Proben.

Zu Gruppe 1:
Granit 1 und Syenomonzonit liegen auf dem normalen Differentiationstrend des Dioritgabbros, während sich die Proben mit geringerem Sr-Gehalt bei gleichem Rb durch einfache Fraktionierung nicht erklären lassen.
Diese Proben zeigen ähnlichen Trendverlauf wie die Gesteine des Laramie-Batholithen.

Zu Gruppe 2:
diese Gruppe kann wegen ihrer Lage im Diagramm nicht durch einfache Differentiation aus dem Dioritgabbro hervorgegangen sein. Bei Vergleichen mit dem Nebengestein zeigt sich eine große Ähnlichkeit auch in der Rb- und Sr-Verteilung (Tab. 2.1, Tab. 5.3 und Tab. 5.17)
Die Gesteinsproben der Gruppe 2 folgen dem Trend des Yellowknife-Western Granit.

Teile der Gruppe 1 ließen sich durch Aufschmelzung von Gesteinen der Gruppe 2 und/oder Gesteinen, die den migmatischen Gneisen ähneln, erklären.

Der Vergleich von Elementen mit hohen und niedrigen Verteilungskoeffizienten läßt Rückschlüsse auf Teilschmelz- oder Fraktionierungsprozesse zu (ROBB 1983).
Gehalte von Elementen mit hohem D (größer 1) bleiben bei partiellem Schmelzen weitgehend konstant, während Elemente mit niedrigem D (kleiner 1) sich stark verändern. Bei fraktionierter Kristallisation gilt der umgekehrte Fall.
Zu Untersuchungen eignen sich gut Rb, Sr und Ba (Abb. 5.88 und 5.89).
In Tab. 5.22 sind D-Werte für verschiedene Minerale angegeben.

Tab. 5.22: KD-Werte für einige Minerale (berechnet von MCCARTHY 1976).

	Qu	Plag	Kfsp	Bio	Hbl
Rb	0	0.04	0.66	3.00	0.02
Sr	0	2.80	3.60	0.10	0.22
Ba	0	0.40	6.00	6.00	0.04

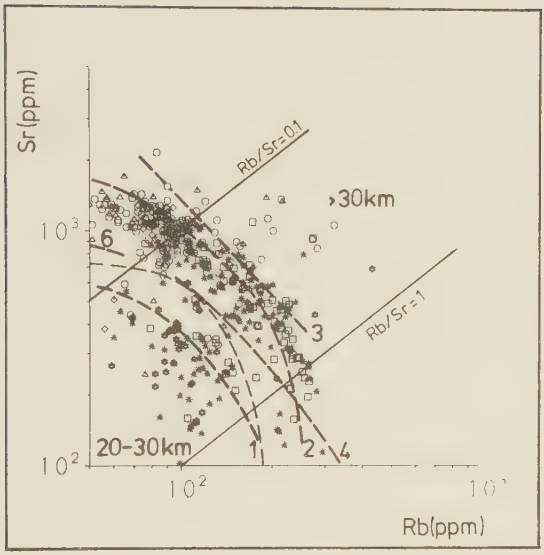


Abb. 5.87: Rb-Sr-Diagramm (nach CONDIE 1973)
1. Yellowknife-Western-Granit
2. Laramie-Batholith
3. Louis-Lake-Batholith
   Barberton: jüngere Granite
4. Barberton: älterer Granit
6. Barberton: alter tonalitischer Gneis

Die Lage der Punkte in Bezug zur Krustendicke nach CONDIE (1973) ist ein Indiz zur Entstehungstiefe.

Granit 1:✱; Granit 2:□; Granit-Granodiorit-Gneis:☆; Dioritgabbro:△; Diorit (Mischgestein):○; Syenomonzonit:◊;

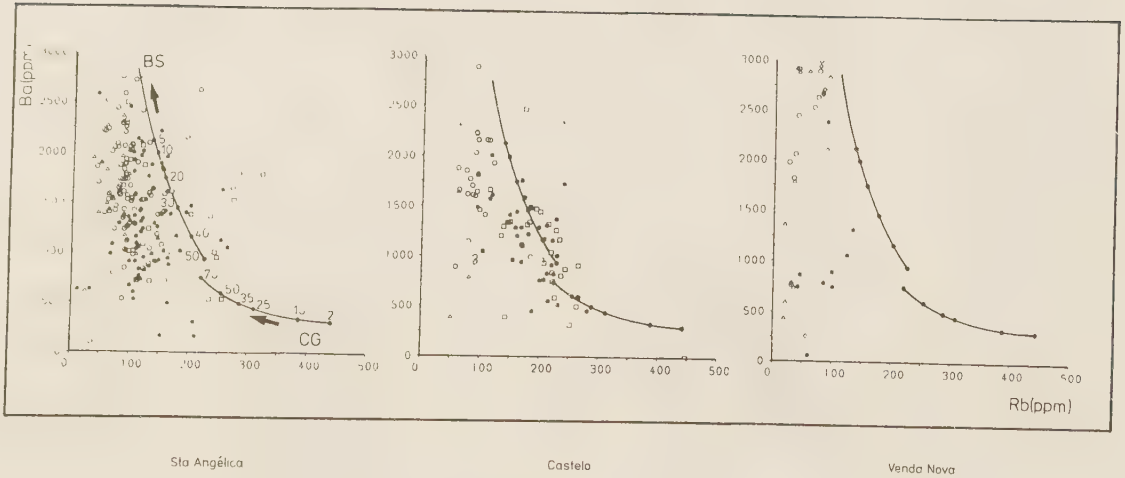
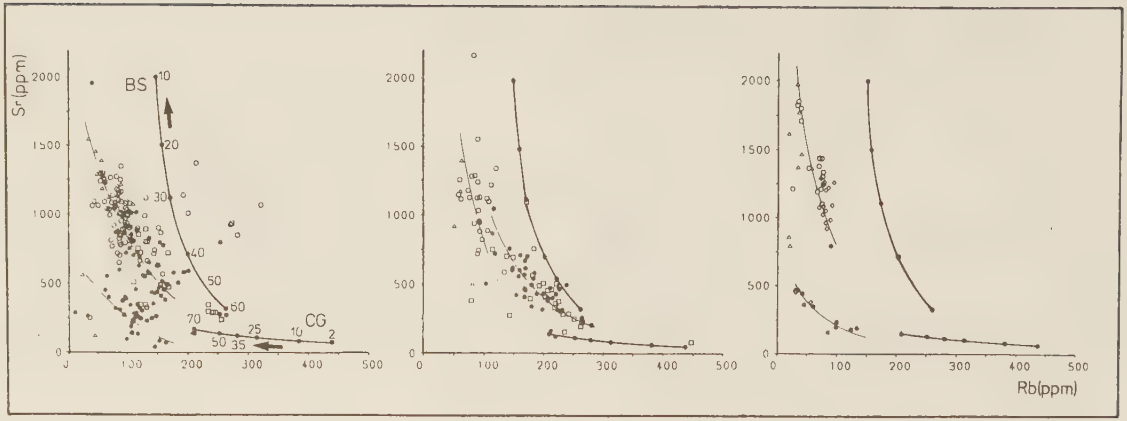


Abb. 5.88: Rb-Sr-Diagramm der drei Intrusionskörper Eingetragen sind die Kurven für den Concordia-Granit (CG; zunehmende Aufschmelzung) und den Boesmanskopsyenit (BS; zunehmende Kristallisation). Die Zahlen geben den Prozentsatz Festanteil an.
Erklärung der Symbole siehe Abb. 5.87.

Bei den Graniten scheint fraktionierte Aufschmelzung der Entstehungsmechanismus zu sein. In Castelo zeigen einige Proben ein Verhalten typisch für Kristallisation. Die große Ähnlichkeit in der Elementverteilung zwischen Graniten und basischen Gesteinen deutet ebenfalls auf eine Interaktion während des gesamten Aufstiegs hin.



Sta Angélica Castelo Venda Nova

Abb. 5.89: Ba-Rb-Verteilungen der drei Intrusionskörper
Eingetragen sind die Kurven für den Concordia-Granit (CG; zunehmende Aufschmelzung) und den Boesmanskopsyenit (BS; zunehmende Kristallisation). Die Zahlen geben den Prozentsatz Festanteil an.
Erklärung der Symbole siehe Abb. 5.87.

Nur wenige Granitproben liegen auf einem Trend ohne basische Proben. Auch in diesen Diagrammen deutet sich die fraktionierte Aufschmelzung der Granite an. Die ±gleiche Verteilung der basischen und sauren Proben ist ebenfalls ein Hinweis auf Interaktion.

5.3.4.9. Ab-Q-Pl-Dreiecke (Abb. 5.90)

Die Normmineralgehalte der einzelnen Proben wurden in das QAP-Dreieck nach STRECKEISEN (1974) eingetragen.

Das Verhältnis Kalifeldspat zu Plagioklas ist unter Verwendung der Überlegungen von LE MAITRE (1976) berechnet worden.

Nach Untersuchungen von LAMEYRE und BOWDEN (1982) sind unterschiedliche Differentiationswege bzw. Gesteinsserien zu unterscheiden (Abb. 5.90).

Neben einem tholeiitischen Trend (1) lassen sich verschiedene alkalische Trends mit unterschiedlichem K2O-Gehalt feststellen, die alle auf das Feld für anatektische Krustenschmelzen zulaufen.

Die Granit-Granodiorit-Gneis-Proben folgen einem K-ärmeren Trend als die Proben der basischen Gesteinsfamilie.

Die Granit 1- und Granit 2-Proben liegen im anatektischen Bereich, Teile der Granit 2-Proben auf dem Trend der basischen Gesteine (möglicherweise Mischgesteine).

Der Syenomonzonit von Venda Nova zeigt einen ähnlichen Trend wie die basischen Gesteine von Sta. Angelica und Castelo.

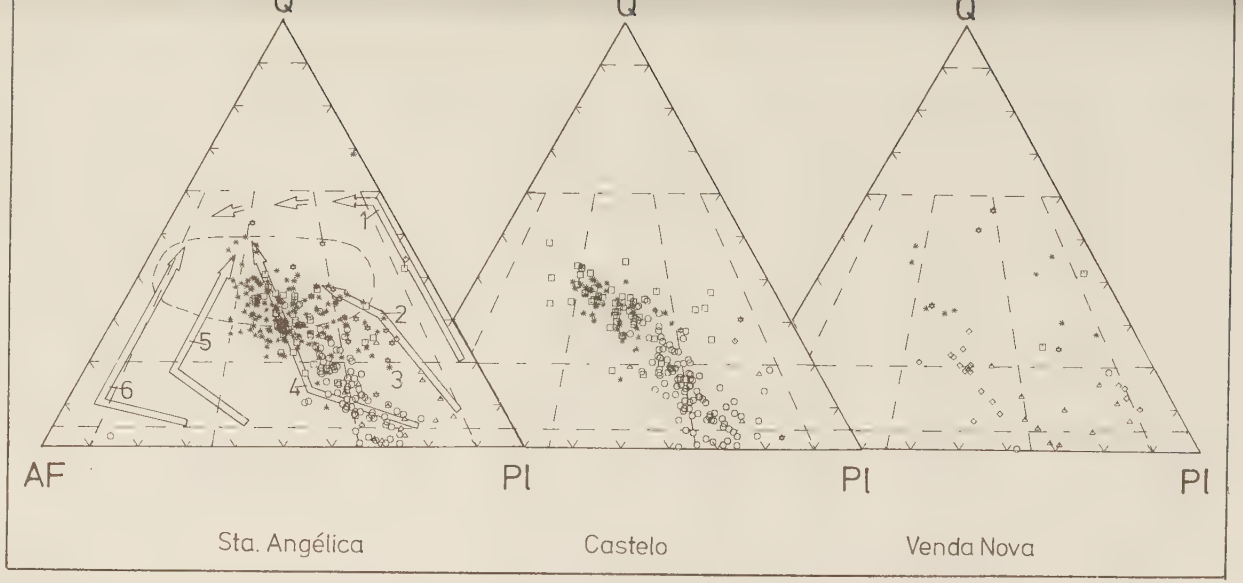


Abb. 5.90: Ab-Q-Pl-Darstellung der Intrusionen
Eingetragen sind unterschiedliche Entwichlungstrends (nach LAMEYRE und BOWDEN 1982).

1. Tholeiitischer Trend
2. Kalkalkalischer Trend (K-Gehalt niedrig)
3. Kalkalkalischer Trondhjemitischer Trend
4. Kalkalkalischer monzonitischer Trend.
5. Al-Granite in Alkaligebieten.
6. Alkalische bis peralkalische Granite.

Einteilung nach STRECKEISEN (1976): gestrichelt
Granit 1:✳; Granit 2:□; Syenomonzonit:◊;
Dioritgabbro:△; Diorit (Mischgestein):○;
Einschlüsse:◊; saure Gänge:▣; bas. Gänge:▲;
Granit-Granodiorit-Gneis:☆;
Feld der Krustenanatexite: gestrichelt
Für alle drei Intrusionskörper verlaufen die Trends ähnlich, nur die Proben von Venda Nova nehmen einen eher kalkalkalisch-monzonitischen (4) ein.

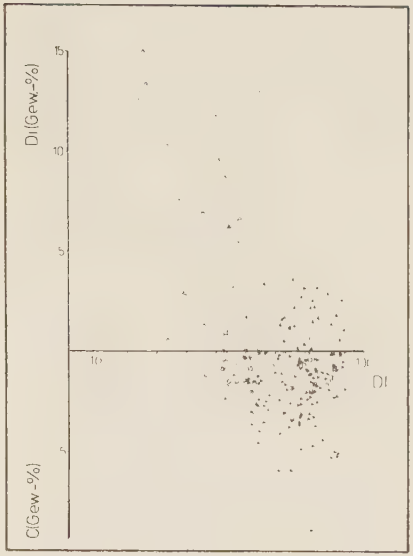
5.3.5.10. D.I. - di/c-Diagramm (Abb. 5.91)

Der Differentiationsgrad berechnet sich aus ausgewählten CIPW-Norm-Mineralen (siehe 5.3.5.9.).

Normal differenzierte, magmatische Gesteine zeigen eine Entwicklung von hohen di-Gehalten bei niedrigen D.I. zu höheren c-Gehalten bei hohem D.I. (Dioritgabbro und Diorit).

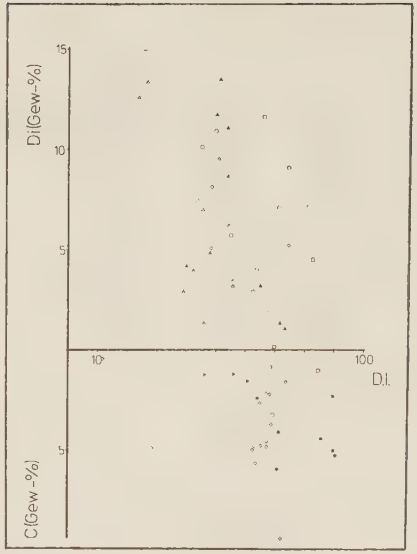
Bei den sauren Gesteinsgruppen (Granit 1; Granit 2) ist kein deutlicher Trend zu sehen, sondern bei gleichen D.I.-Werten unterschiedliche di- und c-Gehalte.
Die Spannweite der c-Gehalte läßt neben magmatischen ebenfalls sedimentäre Ausgangsgesteine vermuten.
Da einige Proben dazu hohe SiO_2-Anteile haben sind auch Quarzite nicht auszuschließen.

Die Abnahme des D.I. mit zunehmendem c ist typisch für viele kalkalkalische Plutone mit Amphibol-Fraktionierung (CAWTHORN et al. 1976).
Rein c-normativen Granite werden den S-Typ-Graniten (PITCHER 1979, 1984) zugerechnet.
S-Typ-Granite besitzen gewöhnlich mehr als 1% c(norm) und weniger als 1% Hornblende(modal) wohingegen I-Typ-Granite 2-4% Hornblende(modal) und weniger als 1% c(norm) besitzen.
Das Auftreten von Granat läßt die Aufschelzung pelitischer Gesteine in Tiefen größer als 20km möglich erscheinen (GREEN 1978), wobei dieser jedoch erst nach Kristallisation aller anderen Fe-Mn-Minerale auftritt (CAWTHORN et al. 1976).
Da Granat hier fehlt, kann die Aufschmelztiefe der pelitischen Gesteine nicht tiefer als 20km gewesen sein. Es läßt sich daraus schließen (siehe Rb-Sr-Diagramm; Abb. 5.87), daß in größeren Tiefen nur Orthogesteine aufgeschmolzen wurden.



Sta. Angélica

Castelo



Venda Nova

Abb. 5.91: D.I. - di/c - Diagramm
G1:✳ ; G2:□ ; SM:◊ ; D:○ ; DG:△ ; BG:◐ ;
SG:▥ ;E:▲ ;
Bei allen drei Diagrammen nehmen bei der basischen Gesteinsfamilie mit höherer Differentiation die di-Gehalte ab und die c-Gehalte zu.
Die hohen c-Werte (über 5%) weisen auf die Aufschmelzung von suprakrustalen Gesteinen hin.

5.3.5. Profile durch die Intrusionen

5.3.5.1. Sta. Angelica

Das Profil (Abb. 5.92) verläuft im Südosten entlang der Straße nach Sta. Angelica und von dort Richtung Nordwesten weiter bis zum Rio Itapemirim.

Im Südosten beginnt das Profil im migmatischen Nebengestein, welches bei Annäherung an die Intrusion zunehmend Schmelzbildung und Fließen zeigt (z. B.: "pli-failles"-artige Strukturen; BAYER et al. 1986).
Im unmittelbarem Randbereich tritt deutlich gerichteter, mittelkörniger Granit 1 auf, mit in s-Richtung eingeregelten Nebengesteinseinschlüssen und Restiten.

Nach Westen nimmt die Größe und Anzahl der Einschlüsse schnell ab, dagegen die Größe der Kalifeldspäte (von der Granit 1-Randfazies zum intrusiven Granit 1) zu, bis typischer, ungeschieferter, matrixarmer Granit 1 ansteht.

Beide Varietäten zeigen sowohl Übergänge als auch intrusive Grenzen (im unmittelbaren Profilverlauf).

Wenige Zehnermeter weiter treten erste Dioritschollen im granitischen bis granodioritischen Gestein auf.

Die Gabbroschlieren und -lagen ebenso wie der einschließende Granit nehmen an Basizität zum Zentrum hin zu. Der prozentuale Granitanteil nimmt ab.
Erste Biotit-Dioritgabbros stehen 50m weiter an.

Das intermediär-basische Innere wird durch mehrere, nicht zusammenhängende ringförmige Hügelketten gegliedert, die durch Mischbereiche aus grobkörnigem Gabbro und Großkalifeldspatführendem Granodiorit/Diorit (Mischgestein) gebildet werden.

Der basische Zentralbereich, südöstlich von Sta. Angelica, ist durch einen feinkörnigen Dioritgabbro ohne Großfeldspäte intrusiv zerlegt. In Tab. 5.23 sind Proben des feinkörnigen und grobkörnigen Dioritgabbros mit etwa gleichem SiO_2-Gehalt und D.I. gegenübergestellt.
Geochemisch stimmen beide im Rahmen der Fehlergrenzen überein.
Der Glühverlust, das Fe^{+++}/Fe^{++}-Verhältnis sind jedoch beim feinkörnigen, der Ti- und Fe(tot)-Gehalt beim grobkörnigen Dioritgabbro größer.

Von Sta. Angelica nach Nordwesten ist die umgekehrte Abfolge zu beobachten.

Vergleicht man die Lage der Rippen aus Mischgestein und die basischeren Bereiche dazwischen mit der Verteilung der chemischen Daten des Profils, so ergibt sich eine gewisse Übereinstimmung (Abb. 5.102).

Tab. 5.23: Vergleich von Proben des feinkörnigen und grobkörnigen Dioritgabbros.

	grobkörniger Dioritgabbro Nr.: 1148701	feinkörniger Dioritgabbro Nr.: 1148702
Gew.-%		
SiO_2	48.44	49.51
Al_2O_3	15.36	14.78
FeO	6.15	5.80
Fe_2O_3	4.10	3.86
MgO	5.41	6.76
MnO	0.13	0.13
CaO	7.21	6.71
Na_2O	4.47	4.44
K_2O	2.57	2.81
TiO_2	2.87	2.42
P_2O_5	1.47	1.58
GV	0.64	1.37
Summe	98.86	100.18
ppm		
V	384	323
Cr	35	64
Co	29	40
Ni	31	46
Cu	50	59
Zn	148	125
Ga	24	19
Rb	49	58
Sr	1287	1180
Y	60	45
Zr	758	216
Nb	24	22
Ba	1890	1819
Pb	17	20
U_2O_3	1	1

Von einem Kernbereich ausgehend (Sta. Angelica; Fazenda Bela Aurora), wird der Gabbro zunehmend dioritischer (Si nimmt zu; P, Mg, Ca, Fe, Ti nehmen ab) bis Diorit (homogeneres Mischgestein) und schließlich schlieriges Mischgestein auftritt (Granit 1 und Diorit). Danach folgt wieder basisches Gestein mit nach außen zunehmendem Differentiations- und/oder Mischungsgrad, danach wieder schlieriges Mischgestein.
Anhand ausgewählter Haupt- und Spurenelemente wird dies verdeutlicht (Abb. 5.93 und Abb. 5.94). Praktisch alle Elemente zeigen rhythmische Verteilung. Einzige Ausnahme ist das Uran, dessen Vorkommen von Störungen und Grenzflächen-Wegbarkeiten kontrolliert wird.
K_2O- und Na_2O-Verteilung verlaufen subparallel und sind manchmal geringfügig in den Maxima und Minima gegeneinander verschoben.

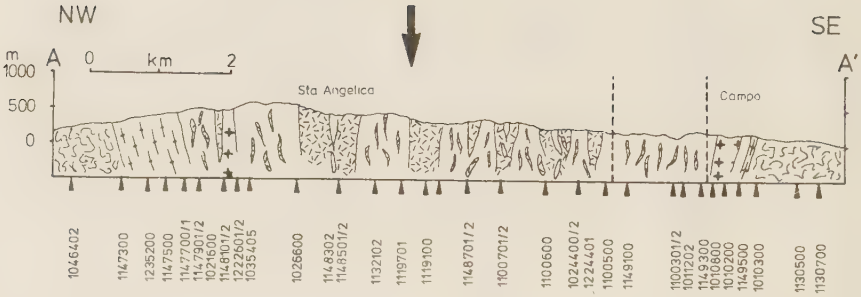


Abb. 5.92: Profil durch Sta. Angelica
(nicht überhöht)
Der Pfeil markiert das Intrusionszentrum.
Die Zahlen kennzeichnen die in den
Elementprofilen angetragenen Proben.

Legende

- Granit 1, gkg porphyr.
  Granit 1, fkg - gkg, geregelt
- Granit 2, fkg - mkg, selten porphyr
- Mischgestein
- Bas Gesteinsfam (Gabbro - Diorit)
- Syenomonzonit, mkg - gkg porphyr
- Granit - Granodioritgneis
- Gneise und Migmatite
  Hornblende - Pyroxen - Gestein

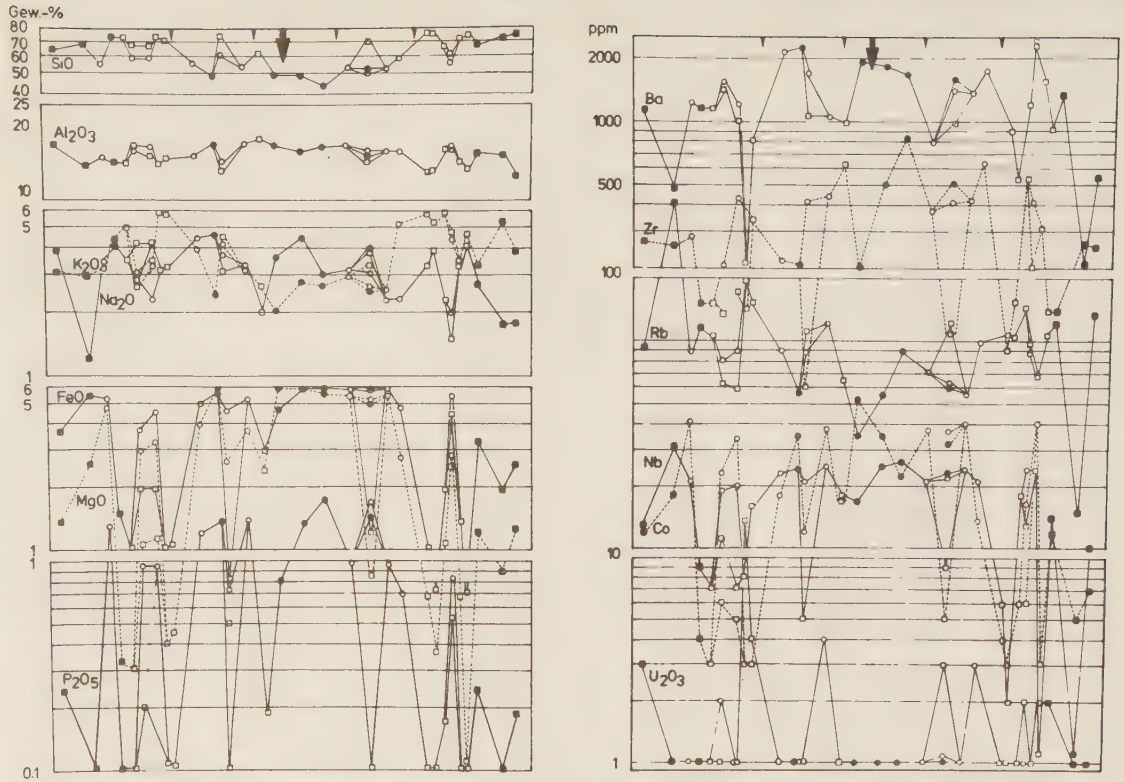


Abb. 5.93: Verteilung ausgewählter Haupt-, Neben- und Spurenelemente entlang eines Profils durch Sta. Angelica
Dicker Pfeil: Intrusionszentrum;
Dünne Pfeile: Mischgesteinsbereiche;
Granit 1:□ ; Dioritgabbro:● ; Mischgestein:○ ;

Deutlich ist die Abnahme der Basizität des Dioritgabbros/Diorits von innen nach außen zu sehen ebenso wie die zunehmende Basizität der Granitproben.
Verbindungslinien kennzeichnen zusammengehörige Elementverteilungen.

Ausgewählte Oxide und Elemente (MgO, SiO_2, CaO, Y) dieses Profils wurden in Verteilungsdiagramme eingetragen.

Getrennt dargestellt sind jeweils die Proben vom SE-Rand zum Zentrum (Sta. Angelica) und vom Zentrum bis zum NW-Rand.

MgO - SiO_2 (Abb. 5.94)
Gut zu sehen ist die zunehmende Basizität zum Intrusionskern (gepunktet). Die Granite beginnen immer bei SiO_2-Gehalten um 75% (0.5% MgO) und enden bei etwa 60-65% SiO_2 (1-2% MgO), die basischen Gesteine von 60% SiO_2 (bei 2-2.5 % MgO) bis etwa 50%-55% SiO_2.
Die Gesteine des Zentralbereichs (im Profil) haben Gehalte von 44-55% SiO_2 und MgO-Werte von 5%-7%.
Gut zu sehen ist die Trennung von basischen und sauren Gesteinen.

CaO - Y (Abb. 5.95)
Auch hier ist die zunehmende Basizität Richtung Zentrum zu erkennen.
Ebenfalls in dieser Darstellung beginnen die einzelnen Gesteinsgruppen bei ähnlichen Ausgangszusammensetzungen. Auch hier ist die etwa "symmetrische" Entwicklung zum Zentrum und danach wieder zum Rand zu sehen.

ST. JOHN LAMBERT et al. (1974) haben für drei Gesteinstypen (Gabbro: über 10% CaO; Diorit: über 7% CaO; Granodiorit: über 3% CaO) Mineralfraktionierungstrends berechnet. Überträgt man diese Ergebnisse auf die Sta. Angelica Intrusion, fand beim Dioritgabbro zum Diorit vorwiegend Plagioklasfraktionierung (teilweise auch Hornblende?-F.) statt. Beim anatektisch gebildeten Granit überwiegt Biotit- und Feldspatfraktionierung.

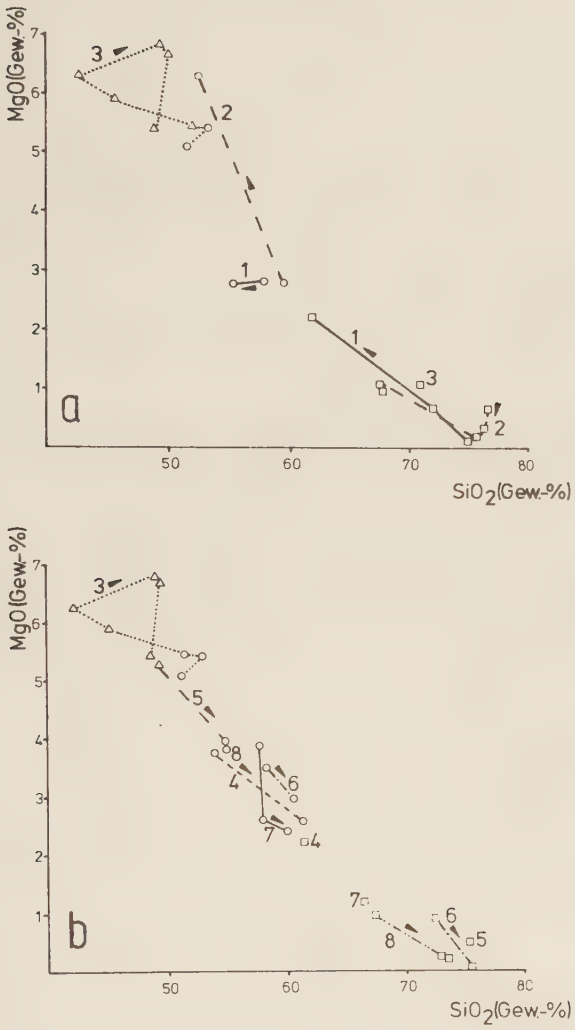
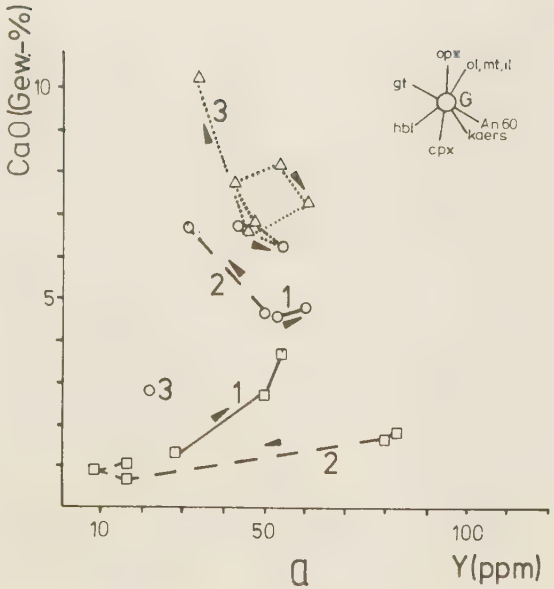


Abb. 5.94: Profilpunkte im MgO - SiO2-Diagramm
Granit 1: ; Mischgestein: ; Dioritgabbro: ;
3: zentraler Bereich (Dioritgabbro)

Die Pfeile kennzeichnen die Abfolge der Punkte.
Gleiche Zahlen zeigen aufeinanderfolgende Profilabschnitte an, wobei immer zuerst die sauren Gesteine genannt werden.



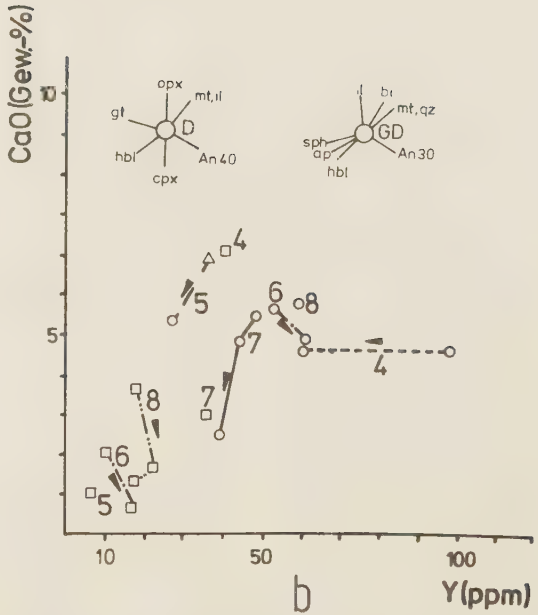


Abb. 5.95: Profilpunkte im CaO - Y-Diagramm
Dargestellt sind in den Diagrammen die Probenpunkte zwischen SE-Rand und Intrusionszentrum (a) und in b die Punkte zwischen Intrusionszentrum und NW-Rand.
Granit 1: ; Mischgestein: ; Dioritgabbro: ; 3: zentraler Bereich (Dioritgabbro)

Die Pfeile kennzeichnen die Abfolge der Punkte.
Gleiche Zahlen zeigen aufeinanderfolgende Profilabschnitte an, wobei immer zuerst die sauren Gesteine genannt werden.
Dargestellt sind in b verschiedene Mineral-Fraktionierungstrends (ST. JOHN LAMBERT 1974).
G: Gabbro; D: Diorit; GD: Granodiorit;

5.3.5.2. Castelo

Das Profil (Abb. 5.96) verläuft vom nordöstlichen Randbereich der Intrusion durch eine zentrale Senke zur SE-Grenze am Granit-Granodiorit-Gneis-Kontakt.

Nach einem schmalen Granit 1-Bereich folgt titanitführender Granit (Granit 2) und danach ein mächtigerer Bereich Granit 1 in typischer Ausbildung und mit strenger Feldspateinregelung.
Dioritische Gesteine bilden einen schmalen, zentralen Bereich mit geringermächtigen, randlichen Mischzonen (schlierig).

In den morphologisch höheren Bereichen treten die sauersten und fluidreichsten Granitproben auf (Abb. 5.106). Diese Aufteilung wird von allen Elementverteilungskurven belegt.

Es ist jedoch keine rhythmische Verteilung wie bei Sta. Angelica festzustellen.
K_2O- und Na_2O-Werte verhalten sich bei den Proben gegenläufig, was auf kleinräumigen Stoffaustausch zwischen den Alkalien zurückgeführt werden kann. Der Gesamtalkaliengehalt ist dadurch nicht verändert.

Der Oxidationsgrad der basischen Gesteine (Fe_2O_3/FeO) ist größer als der von Sta. Angelica und Venda Nova.

Uran ist in den apikalen Bereichen der Intrusion angereichert.

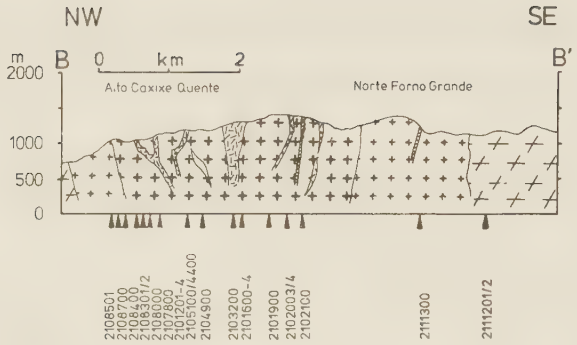


Abb. 5.96: Profil durch die Intrusion von Castelo.
(nicht überhöht)
Die Zahlen kennzeichnen die in den
Elementprofilen angetragenen Proben.

Legende

- Granit 1, gkg porphyr.
  Granit 1, fkg. - gkg , geregelt
- Granit 2, fkg - mkg , selten porphyr
- Mischgestein
- Bas Gesteinsfam (Gabbro - Diorit)
- Syenomonzonit, mkg - gkg porphyr
- Granit - Granodioritgneis
- Gneise und Migmatite
  Hornblende - Pyroxen - Gestein

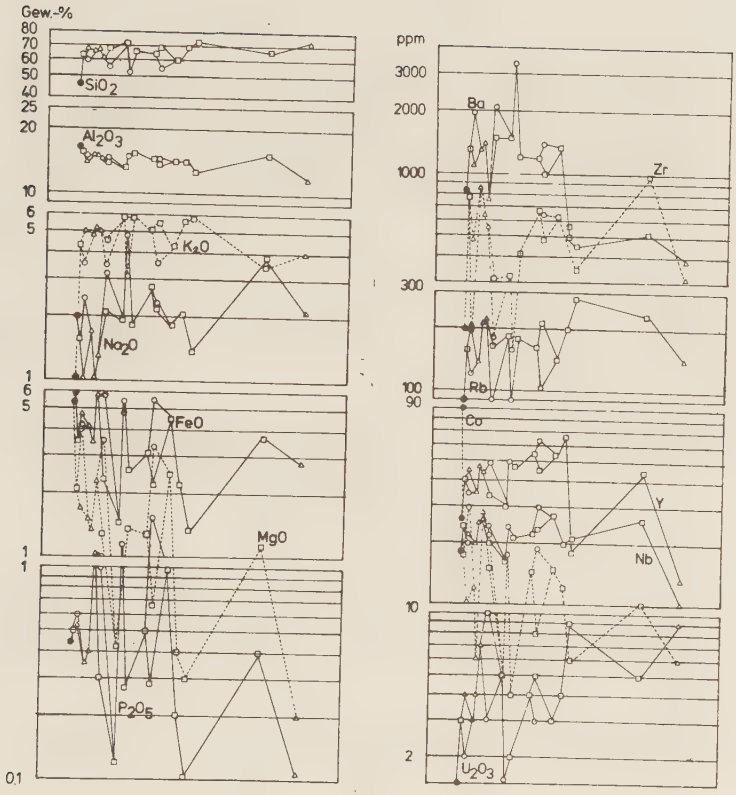


Abb. 5.97: Verteilung der Haupt-, Neben- und Spurenelemente entlang eines Profils durch Castelo.
Weniger deutlich als bei Sta. Angelica ist die Abnahme der Basizität von innen nach außen zu sehen.
Verbindungslinien kennzeichnen zusammengehörige Elementverteilungen.

5.3.5.3. Venda Nova

Das Profil verläuft von SE nach NW mit einem Versatz im Zentralbereich von etwa 500m nach Norden (Abb. 5.98).

Die östlichen Rahmengesteine sind migmatische Gneise und Amphibolite.
Nach einer schmalen Zone mit intensiver Granit-Migmatit-Verzahnung (schlierige Durchmischung; scharf abgegrenzte Einschlüsse und Lamellen von Nebengestein in Syenit) tritt bald Granit und grobkörniger Quarz- und Syenomonzonit auf.
Der Übergang zwischen Granit und Syenit ist graduell.
Deutliche Kennzeichen zur Unterscheidung der beiden Gesteine sind fehlender Quarz, flache Lagerklüfte, mehr mafische Anteile und viele dunkle Einschlüsse aus Biotit, Hornblende und wenig Feldspat mit dunkler randlicher Zone und hellerem Hof.

Zunehmend basischer werdend (mehr Hornblende; weniger Feldspat), bildet der Syenomonzonit in seinen tiefsten Bereichen eine schlierige bzw. an Einschlüssen reiche Übergangszone zu feinkörnigem Dioritgabbro, der in den zentralen grobkörnigen Dioritgabbro überführt.

Nach Nordwesten nimmt die Basizität des angrenzenden Syenomonzonits schnell ab. Am westlichen Rand überlagert er kappenartig mittel- bis grobkörnige Granite.

Den westlichen Rahmen bilden Migmatite und Pyroxenite in granulitfazieller Ausbildung (SCHOBBENHAUS et al. 1984).

In Venda Nova treten die basischen Gesteine mit den höchsten MgO-, Cr- und Nb-Gehalten aller drei Intrusionen auf (Abb. 5.99).
Ein deutlicher Unterschied (chemischen Zusammensetzung) zwischen saurer und basischer Gesteinsfamilie ist festzustellen.

Die SiO_2-Verteilung gibt beim Syenomonzonit keinen Hinweis auf Fraktionierung oder Differenzierung.
Oxidationsgrad, MgO-, Al_2O_3- und P_2O_5-Gehalte lassen eine deutliche Veränderung zum Randbereich hin erkennen.

Der Syenomonzonit erscheint assymetrisch verteilt und tritt im SE-Teil der Intrusion mächtiger auf.

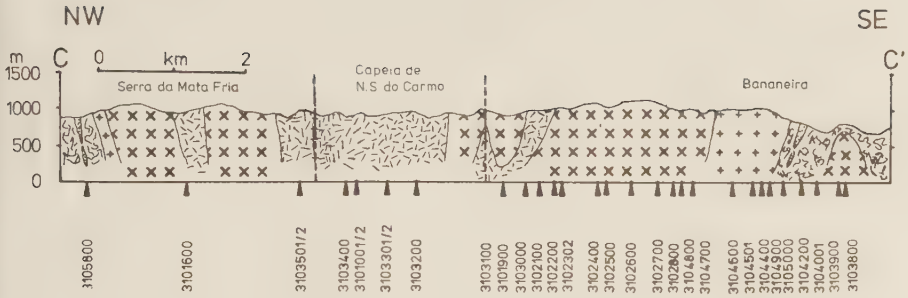


Abb. 5.98: Profil durch die Intrusion von Venda Nova.
(nicht überhöht)
Die Zahlen kennzeichnen die, in den
Elementprofilen angetragenen Proben.

Legende

- Granit 1, gkg porphyr.
  Granit 1, fkg - gkg , geregelt
- Granit 2, fkg. - mkg , selten porphyr
- Mischgestein
- Bas Gesteinsfam (Gabbro - Diorit)
- Syenomonzonit, mkg - gkg porphyr
- Granit - Granodioritgneis
- Gneise und Migmatite
  Hornblende - Pyroxen - Gestein

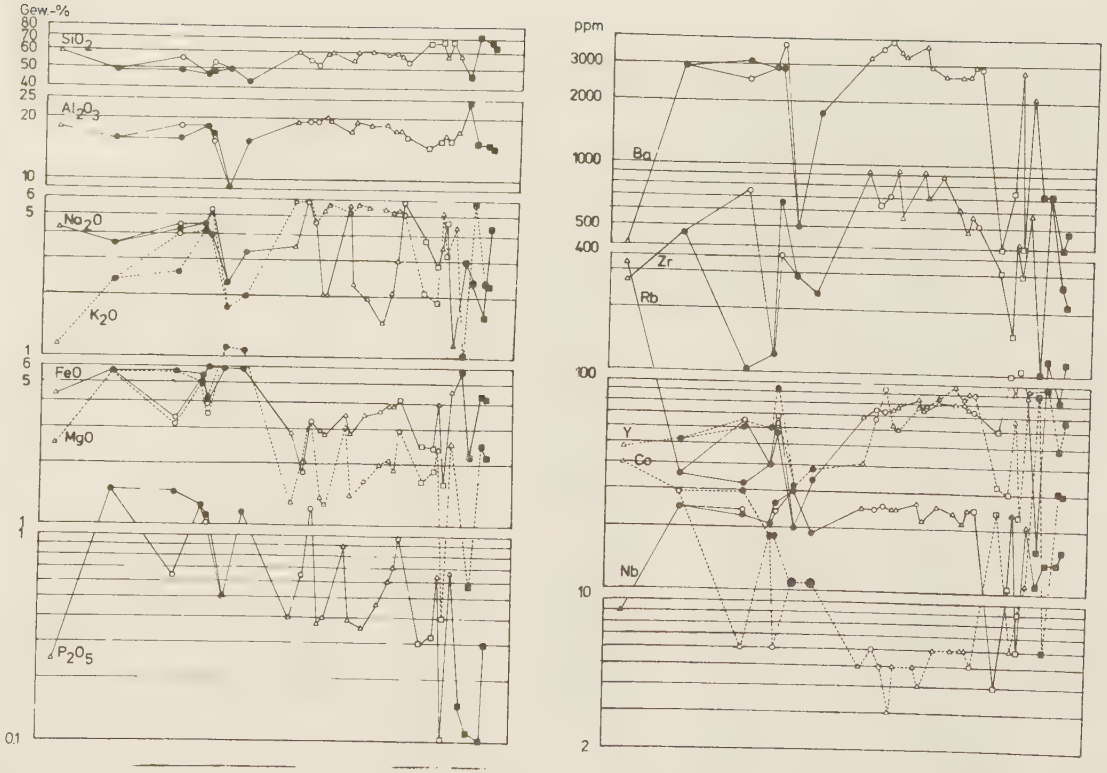


Abb. 5.99: Verteilung der Haupt-, Neben- und Spurenelemente entlang eines Profils durch Venda Nova.
Granit 1: □ ; Granit 2: △ ; Dioritgabbro: ● ; Mischgestein (Diorit/Granodiorit): ○ ;

Die Proben der einzelnen Gesteinsgruppen zeigen keine so deutlichen Trends wie bei Sta. Angelica.
Verbindungslinien kennzeichnen zusammengehörige Elementverteilungen.

5.3.6. Spezialprofile

Um die Zusammenhänge im Randbereich der Intrusion von Sta. Angelica (Magmenmischung; Differentiation; etc.) besser klären zu können, wurden oberhalb der Escola de Laranjeiras (Abb. 5.100a, b) und bei Lambari Frio (Abb. 5.100c) mehrere engbeprobte Spezialprofile gelegt.

Durch ihre unterschiedliche Lage und Entfernung zum Intrusionszentrum konnte ein weiter Randbereich exemplarisch erfaßt werden.

5.3.6.1. Beschreibung

Die Profile besitzen eine Länge zwischen 60 und 180m und eine maximale Höhendifferenz von 20m.

Sie reichen mindestens vom Randbereich einer basischen (dioritischen) Schliere über einen oder mehrere granitische Bereiche bis zur nächsten Dioritschliere (Mischgestein).

Die Anzahl der Probenpunkte beträgt zwischen 15 und 30.

Wenn möglich, wurde darauf geachtet, nur Proben von makroskopisch schlierenfreien basischen oder sauren Gesteinen zu nehmen. Wo dies nicht gelang, wurde bei der Aufbereitung eine Trennung versucht.

Nach mikroskopischem Befund sind in den Profilen überwiegend Mischgesteine vorhanden (SCHMIDT-THOME 1987).
Im Dünnschliff finden sich in den dioritischen und granodioritischen Proben basische Einschlüsse und granitische Kleinschlieren. Feldspäte sind ummantelt, Quarzkörner werden von Hornblende umlagert.
Die granitischen Groß-Kalifeldspat-führenden Gesteine besitzen vielfach skelettierte Apatite und Zirkone sowie kleine basische Einschlüsse in wechselnder Anzahl.

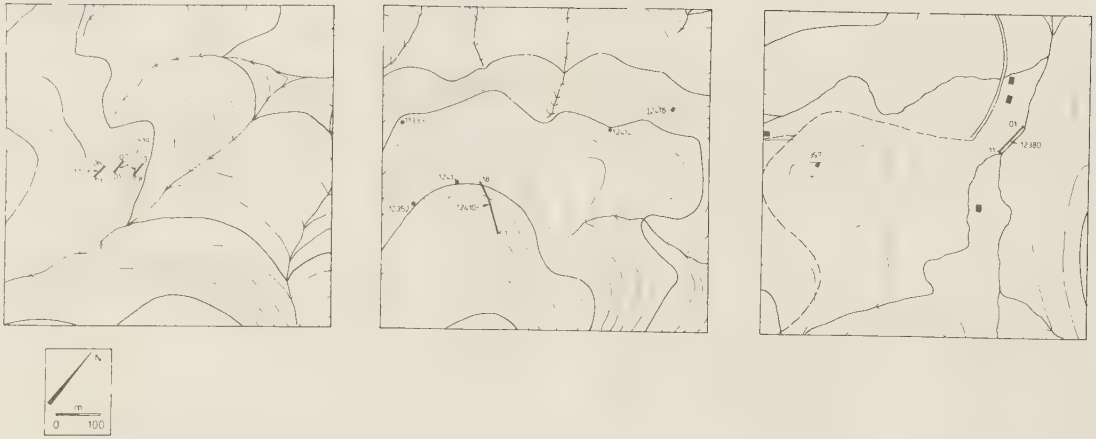


Abb. 5.100: Lage der Profile im Kartiergebiet.
a. Profil 517/519
b. Profil 410
c. Profil 380
Die Lage der Profile ist aus der Übersichtskarte (Abb. 5.58) zu ersehen.

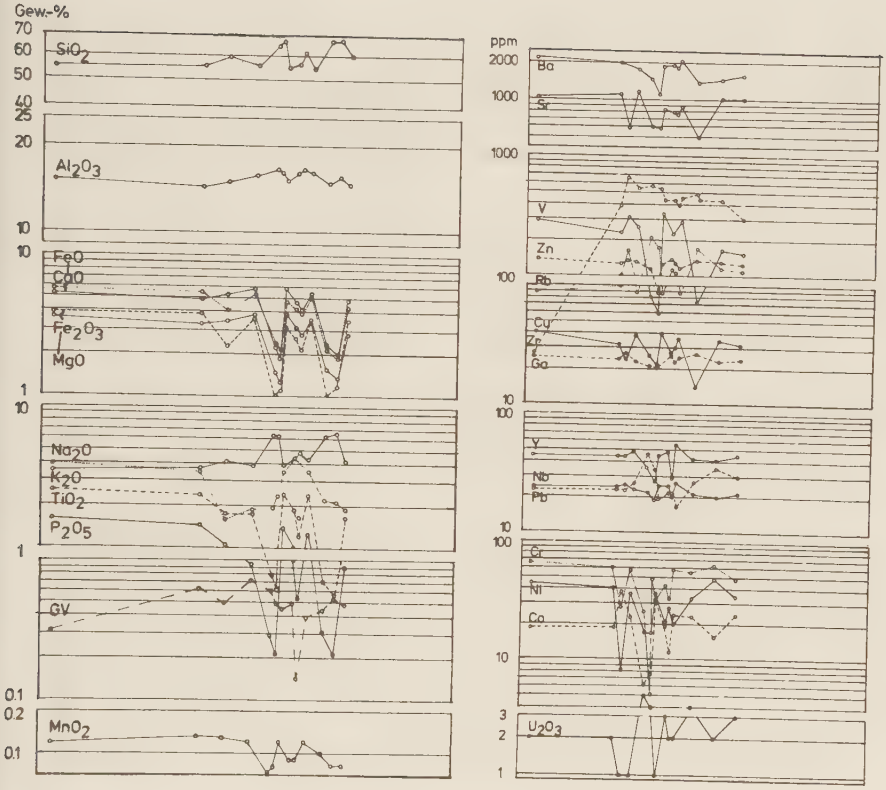


Abb. 5.101: Verteilung der Elemente im Profil 380.
(Haupt-, Neben- und Spurenelemente)
Nähere Erläuterungen siehe Text.

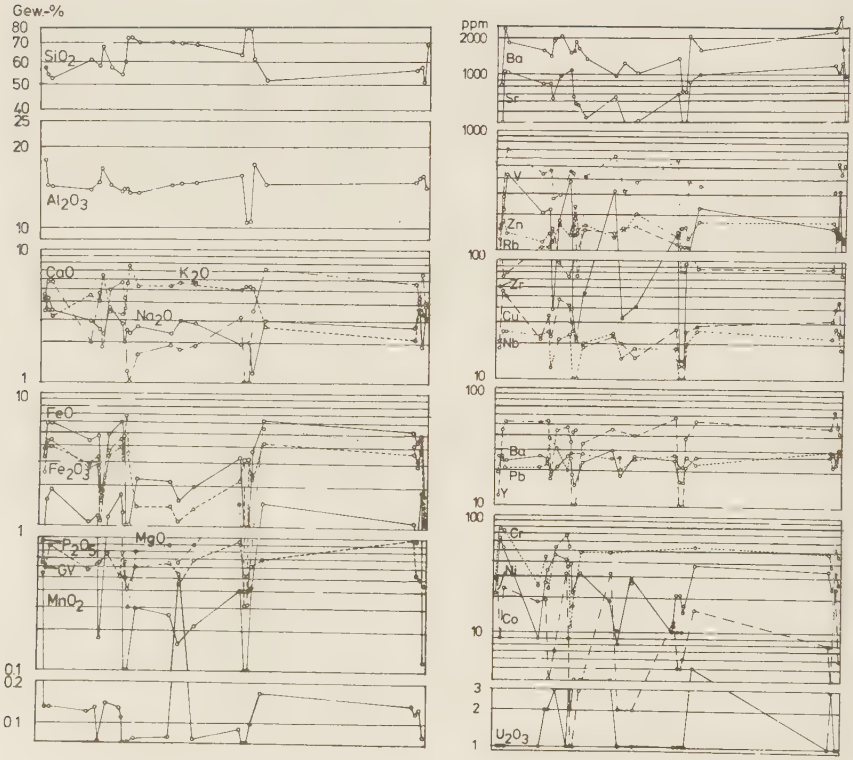


Abb. 5.102: Verteilung der Elemente im Profil 410.
(Haupt-, Neben- und Spurenelemente)
Nähere Erläuterungen siehe Text.

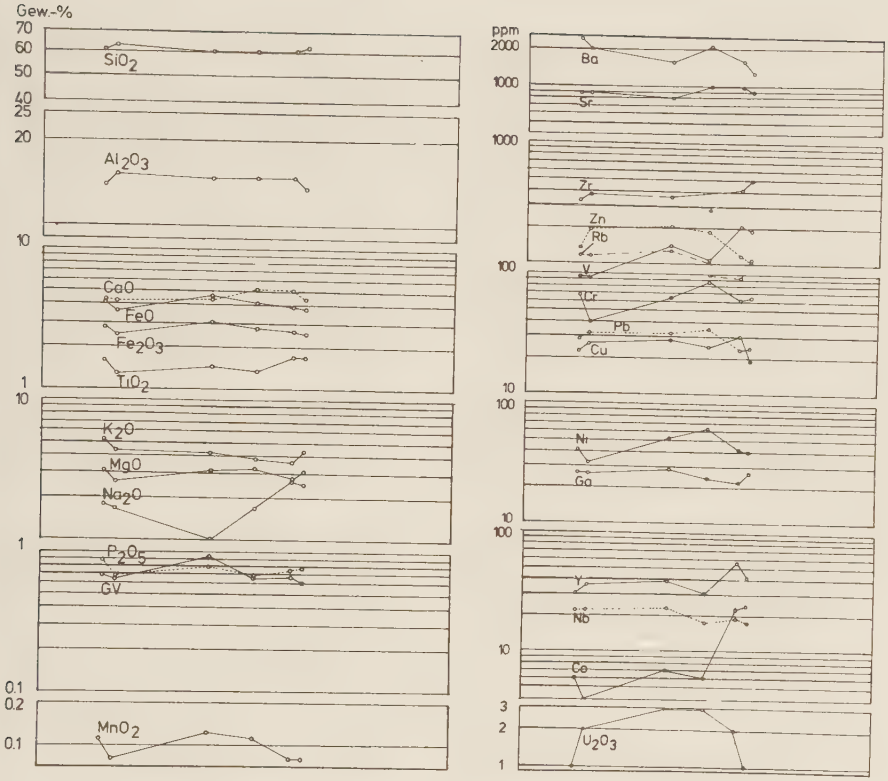


Abb. 5.103: Verteilung der Elemente im Profil 517.
(Haupt-, Neben- und Spurenelemente)
Nähere Erläuterungen siehe Text.

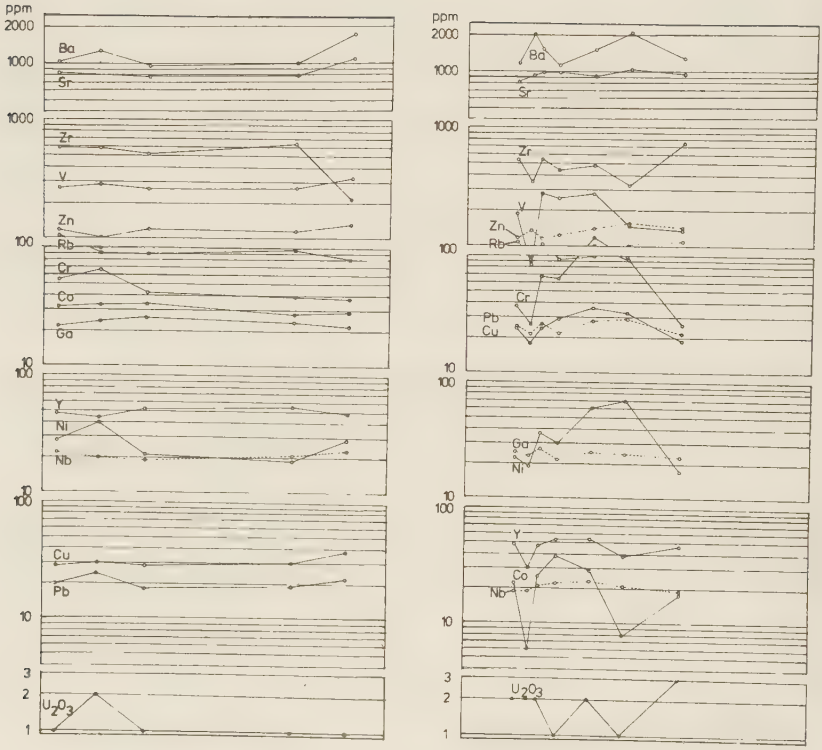


Abb. 5.104: Verteilung der Elemente im Profil 519A.
(Haupt-, Neben- und Spurenelemente)
Nähere Erläuterungen siehe Text.

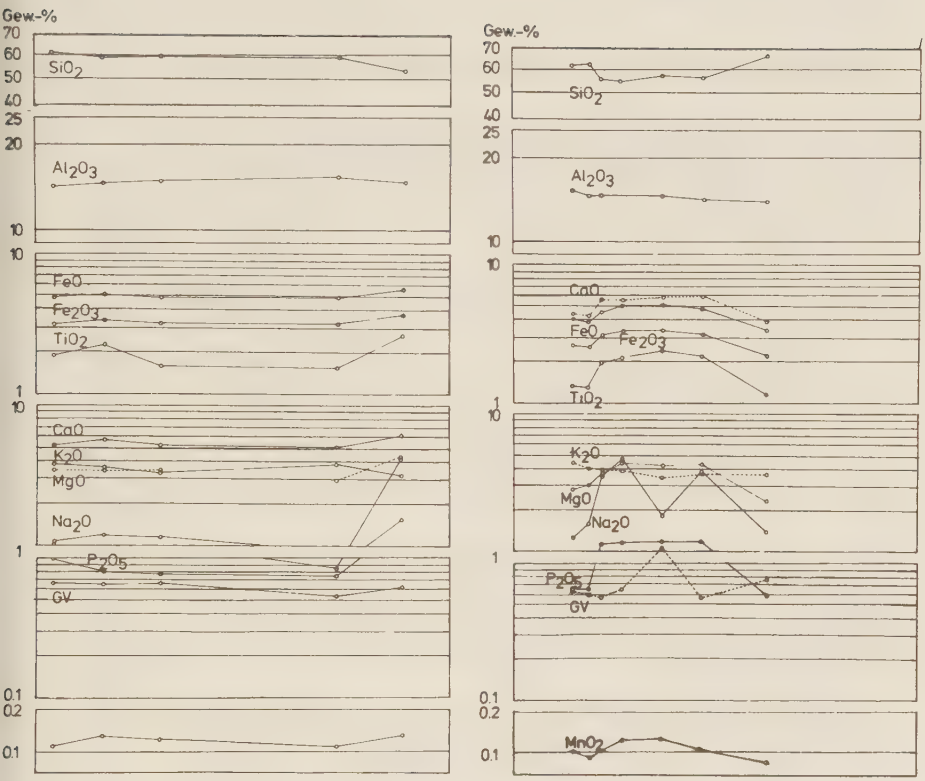


Abb. 5.105: Verteilung der Elemente im Profil 519B.
(Haupt-, Neben- und Spurenelemente)
Nähere Erläuterungen siehe Text.

5.3.6.2. Auswertung der chemischen Daten

Deutlich lassen sich in den Profilen (Abb. 5.101 bis Abb. 5.105) die basischen und intermediären Proben von den sauren abtrennen.

Als Grenze läßt sich ein Gehalt von etwa 60-62% SiO_2 festlegen.

Selbst so mobile Elemente wie K und Na folgen dieser Trennung. Das gleiche gilt für die Spurenelemente.
Lediglich in den Profilen 410 und 519 ist eine gewisse Anpassung der mobilen Elemente zu erkennen, was jedoch auf stärkere Durchmischung und die Entnahme von gemischten Proben zurückgeführt werden kann.

Im Profil 410 zeigt sich durch dessen Länge und günstige Lage die große Spannweite des Gesteinschemismus (Abb. 5.102), welche durch den variierenden Mischungsgrad erzeugt wird.

In allen Profilen stimmt die Zusammensetzung der basischen Gesteine in etwa überein, was ebenso bei der granitischen Gesteinsgruppe der Fall ist.

Einzelne granitische Proben liegen in einem mittleren Bereich (Profile 517/519). Dies sind jedoch Mischproben, bei denen sich die mechanische Durchmischung schon makroskopisch belegen läßt.

Aus den gefundenen Daten (Petrographie, Geochemie) und den Diagrammen (Abb. 5.106 bis 5.109) ist abzuleiten, daß Fraktionierung ebenso wie Kontamination und mechanische Durchmischung der basischen und sauren Schmelzen eine wichtige Rolle bei der Genese der Gesteine spielte.
Die Kontamination ist durch Nebengesteinseinschlüsse in Randbereichen dokumentiert.

Im Diagramm Alkalien-SiO_2 (Abb. 5.107) zeigen sich keine für "liquide Mischung" (bei der Granodiorit/Diorit-Entstehung) in Experimenten aufgezeigte Effekte (WATSON et al. 1982, 1984; MAURY et al. 1974).

Mechanische Durchmischung der beiden Magmen (mushy-mushy, mushy-liquid) ist also der Hauptmechanismus zur Genese der intermediären Gesteine, wahrend liquide Mischung, durch den mikroskopischen Befund nachgewiesen, nur untergeordnet vorkommt.

Alle in den Profilen entnommenen Proben wurden in SiO_2-Verteilungsdiagramme eingetragen.
Zur Verwendung kamen vier ausgewählte Diagramme:
- $CaO-SiO_2$;
- $MgO+FeO+Fe_2O_3-SiO_2$;
- Alkalien-SiO_2;
- $P_2O_5-SiO_2$;

CaO-SiO2 (Abb. 5.109)
Aus der Verteilung der Proben unter Berücksichtigung der Feldbeobachtungen lassen sich drei Gruppen festlegen (Tab. 5.24).

Tab 5.24: Mittlere Zusammensetzung der Magmatite im randlichen Mischgesteinsbereich von Sta. Angelica

	Diorit (n=32) ohne Schlieren	Mischgestein (n=13) deutliche Schlieren	Granit (n=12) ohne Schlieren
Gew.-%			
SiO2	56.47	62.22	69.20
Al2O3	14.85	14.15	14.47
FeO	5.04	3.76	1.89
Fe2O3	3.36	2.50	1.26
MgO	3.63	2.59	0.52
MnO	0.14	0.08	0.10
CaO	5.26	4.07	1.81
Na2O	2.71	1.67	2.45
K2O	3.75	4.40	5.80
TiO2	2.12	1.31	0.78
P2O5	1.18	0.62	0.55
LOI	0.63	0.60	0.55
Summe	99.15	99.00	99.56
ppm			
V	232	141	82
Cr	58	34	26
Co	21	14	8
Ni	37	24	25
Cu	33	24	21
Zn	141	134	144
Ga	25	24	22
Rb	98	109	155
Sr	936	860	524
Y	46	43	28
Zr	424	404	375
Nb	23	19	17
Ba	1718	1623	1313
U2O3	2	2	3

Die Durchschnittswerte für Diorit (Mischgestein) und Granit 1 stimmen gut mit den Mittelwerten der gesamten Diorit- und Granit 1-Proben überein (Tab. 5.5).
Lediglich die Mischgruppe (Dioritschlieren in Granit; Granitlagen im Diorit) liegt in der Zusammensetzung zwischen Diorit und Granit 1.

$MgO+FeO+Fe_2O_3-SiO_2$ (Abb. 5.106)
Die Probenverteilung ähnelt der des $CaO-SiO_2$-Diagramms. Die Granitproben liegen noch dichter zusammen und bei den basischen Proben läßt sich ein Trend (Fraktionierung/Kontaminierung) vom Gabbro zum Diorit (Mischgestein) erkennen.

Bei den Granit 1-Proben ist ebenfalls ein Trend (fraktionierte Aufschmelzung/Differentiation/Kontamination) festzustellen.

Auf einer Geraden zwischen den höher differenzierten Dioriten und den Granitproben befinden sich die Probenpunkte der Mischgesteine.

$P_2O_5-SiO_2$ (Abb. 5.108)
Eine andere Gruppierung läßt sich aus dem $P_2O_5-SiO_2$-Diagramm entwickeln (Tab. 5.25):

a. Eine SiO_2-reiche, P_2O_5-arme Probengruppe (Granit 1)
b. Eine intermediäre mit mittleren P_2O_5-Gehalten (Granit-Diorit-Schlieren)
c. Eine etwas basischere, P_2O_5-reiche Dioritgruppe
d. Eine Probengruppe mit gleichen Phosphorwerten wie c, jedoch mit anderen Si-Gehalten

Ähnliche Schlußfolgerung wie beim vorherigem Diagramm sind denkbar.

Zusätzlich besteht die Möglichkeit der Mischung zwischen einem phosphorreichen weniger basischem (d) und einem phosphorreichen basischerem Magma (c).

Alkalien-SiO_2 (Abb. 5.107)
Deutlich sind hier die drei Gruppen zu erkennen, wobei die Mischgesteine ebenfalls nicht auf der Verbindungslinie liegen, sondern deutlich abgesenkt sind.

Wenn keine selektive Alkalienabfuhr stattgefunden hat, ist dies ein Indiz dafür, daß keine direkte liquide Mischung zwischen Dioritgabbro-Magma und Granit-Magma eine wesentliche Rolle bei der Mischgesteinsbildung gespielt hat, sondern eher eine Fraktionierung des Gabbros zu Diorit stattfand und eine Mischung dieser zunehmend fraktionierten und kontaminierten Schmelze mit dem Granit (mushy-mushy, mushy-liquid).

Tab. 5.25: Mittlere Zusammensetzung der Magmatite im randlichen Mischgesteinsbereich von Sta. Angelica

	a	b	c	d
Gew.-%				
SiO_2	69.61	61.69	55.04	58.90
Al_2O_3	14.52	14.86	14.93	14.85
FeO	1.78	3.93	5.21	4.93
Fe_2O_3	1.19	2.62	3.48	3.29
MgO	0.76	2.76	3.87	2.99
MnO	0.10	0.93	0.15	0.12
CaO	1.88	4.25	5.34	4.95
Na_2O	2.50	1.77	3.28	1.45
K_2O	5.87	4.27	3.69	3.79
TiO_2	0.55	1.43	2.38	1.88
P_2O_5	0.20	0.70	1.31	0.91
LOI	0.56	0.65	0.64	0.46
Summe	99.51	99.04	99.35	98.54
ppm				
V	71	139	254	270
Cr	28	47	57	44
Co	7	13	20	30
Ni	27	32	37	23
Cu	21	26	36	25
Zn	144	143	141	121
Ga	22	24	25	25
Rb	158	111	92	109
Sr	507	874	985	796
Y	26	41	47	49
Zr	366	428	394	578
Nb	16	20	23	22
Ba	1345	1550	1867	1047
Pb	34	27	24	22
U_2O_3	3	2	2	1

a. SiO_2-reiche, P_2O_5-arme Proben des Granit 1
b. Intermediäre (Mischgestein) Proben mit erhöhten P-Gehalten
c. P-reiche Dioritgruppe (ev. Mischgestein und Differentiate)
d. Gruppe mit ähnlichen P-gehalten jedoch niederem SiO_2-Gehalt als Gruppe c

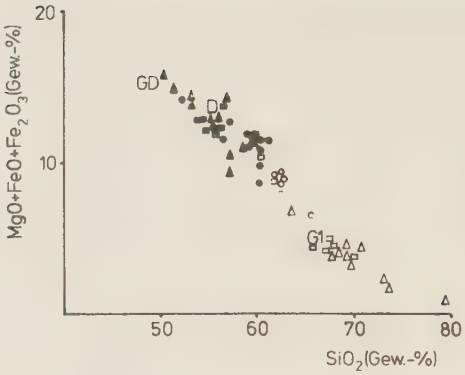


Abb. 5.106: Variationsdiagramm MgO+Gesamteisen - SiO2
Die Diorite (a) und der Granite (b) liegen jeweils auf sehr engen Trends.
Dazwischen streuen die Proben der Mischgesteine (c).

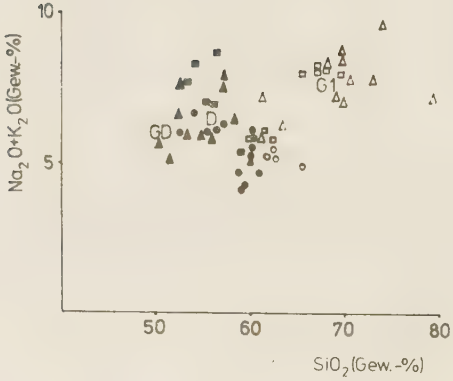


Abb. 5.107: Variationsdiagramm Alkalien-SiO2
Die an Alkalien arme Mischgesteinsgruppe (c) liegt nicht auf der Verbindungslinie der Gruppen a und c.

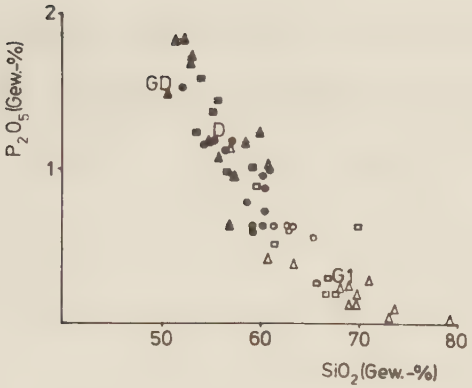


Abb. 5.108: Variationsdiagramm P2O5 - SiO2
Neben den drei bereits erwähnten, ist hier noch eine vierte Gruppe (d) zu erkennen.
Es handelt sich dabei um feinkörnige, alkalienärmere Gesteinsproben.
Die Mischgesteinsproben liegen auf einer Verbindungslinie zwischen d und a sowie c und a.

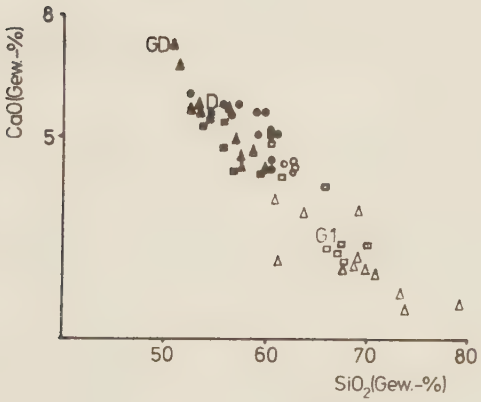


Abb. 5.109: Variationsdiagramm CaO - SiO2
Hier befinden sich die Mischgesteins-Proben ebenfalls zwischen den Dioriten und den basischeren Graniten und gehören zur Gruppe c.

5.3.8. Zusammenfassung der geochemischen Ergebnisse

Die Probendaten wurden sowohl nach Gesteinsgruppen (Granit 1 Granit 2, dioritisch-granodioritisches Mischgestein, Dioritgabbro, Syenomonzonit) als auch nach Intrusionskörpern getrennt verarbeitet.
Daneben wurden Untersuchungen an Profilen durch die Intrusionen sowie durch den Randbereich von Sta. Angelica durchgeführt.

Nach Vergleich mit Daten von NOCKOLDS (1954) und NOCKOLDS et al. (1978) sind die basischen Gesteine Monzodiorite bis -gabbros, untergeordnet Quarzdiorite. Dies deckt sich mit der petrographischen Einstufung (BAYER et al. 1986).
Außergewöhnlich sind dabei die hohen P2O5-Werte (bis über 2%).

Die Serien sind insgesamt kalkalkalisch fraktioniert (E-Wert-Diagramm, GROHMANN 1984, Abb. 5.79; AFM-Diagramm, Abb. 5.80) und bestehen aus Gesteinen alkalischer bis alkalisch-kalkiger Zusammensetzung (SiO2-Wert: bis 56%; nach PEACOCK 1931).
Die Rb/Sr-Verhältnisse (0.04-0.07), hohe Alkali-, P- und Ti-Gehalte sowie die 87Sr/86Sr-Werte (0.7055 SÖLLNER 1986) sprechen für eine Mantelabstammung mit variierender Krustenkontamination (z. B.: SCHROLL 1967; Rb/Sr: Mantel 0.02-0.04; U-Kruste 0.03-0.09).
Auf diese große Entstehungstiefe deuten auch Einschlüsse hin, die in ihrer Zusammensetzung Unterkrusten-Einschlüssen aus Laven (SHAND 1949) ähneln. Ihr Pflastergefüge (BAYER et al. 1986) weist sie als Nebengesteinseinschlüsse aus.

Die syenitischen Gesteine von Venda Nova (petrographisch Monzonite bis Quarzmonzonite; Tab. 5.13) besitzen sehr hohe Qu- (bis 15%) und relativ hohe An-Gehalte, die sie an die Grenze Syenit-Monzonit einordnen.

Die Granite (SiO2: 68-80%; K2O größer Na2O) sind subalkalische bis alkalisch-kalkige Gesteine (SiO2-Wert: größer 56; PEACOCK 1931) die ebenfalls kalkalkalisch fraktioniert (Abb. 5.80) sind.
Sie haben hohe Orthoklas-Gehalte und variieren innerhalb ihrer Gruppen gering (Tab. 5.16 bis 5.17). Granit 2 ist weniger differenziert oder höher kontaminiert als Granit 1.
Die Rb/Sr-Verhältnisse (0.3-0.4), 87Sr/86Sr-Werte (0.7072 SÖLLNER 1986) weisen auf obere Kruste als Entstehungsort hin (Rb/Sr: WEDEPOHL 1976 0.25-0.35; SCHROLL 1967 0.25).

Die Ganggesteine lassen sich von der chemischen Zusammensetzung her in drei Hauptgruppen gliedern (Lamprophyre, granitische Gänge, Aplite, Pegmatite).
Sie sind den Intrusivgesteinen chemisch sehr ähnlich (Tab. 5.11; 5.17) und sowohl höher als auch niedriger differenziert.

Die Einschlüsse sind überwiegend Nebengestein (migmatische Gneise, Migmatite, Kalksilikate, Tab. 2.1; Tab. 5.21).

Im AF-Q-PL-Dreieck bestätigen sich die vorgenannten Entwicklungen und Fraktionierungstrends für alle drei Intrusionen (Abb. 5.90).
Die Granitprobenpunkte besetzen überwiegend das Feld für Krustenanatexite, die basischen Gesteine mehrere parallele kalkalkalisch-monzonitischen (hoch-K) Trends.
Einige wenige Proben (Granit-Granodiorit-Gneis; einzelne Diorit-Proben) liegen auf einem kalkalkalischen nieder-K-Trend.

In den Verteilungsdiagrammen gegen SiO_2 sind leicht gekrümmte bis gerade Trends zu erkennen (Abb. 5.60 bis 5.73). Zwischen 62% und 64% SiO_2 tritt eine deutliche Lücke oder ein Versatz zwischen den beiden Haupttrends auf.

Der Granit 2 hat ein niedrigeres Fe^{+++}/Fe^{++}-Verhältnis als die anderen Intrusionsgesteine und ist damit weniger oxidiert (im Vergleich zum Granit-Granodiorit-Gneis; Tab. 5.3 und Tab. 5.4).

Zwei Haupttrends können aus dem Alkalien-SiO_2-Diagramm (ebenso R1-R2-Diagramm nach DE LA ROCHE 1980) abgeleitet werden:

Basische Gesteine:	Alkaligabbro/Gabbro - Monzogabbro - Monzonit - Syenit;
Saure Gesteine:	Diorit/Trondhijemit - Granodiorit - Granit;

Die Alkalien-Gehalte (besonders Na_2O: 2-7% für basische Gesteine; 0-5% für saure Gesteine) streuen sehr stark, ergeben aber zusammen mit K_2O einen eng begrenzten Trend (Abb. 5.65 bis 5.66).

Die K_2O-Werte der Granitproben verteilen sich auf zwei Trends, die sich bei hohen SiO_2-Gehalten vereinigen (Abb. 5.66).
Die Proben mit niedrigen K-Gehalten liegen überwiegend im Randbereich der Intrusion, die mit höherem Gehalt zentraler und im Mischgesteinsgebiet. Einzelne Proben mit verändertem Na/K-Verhältnis sind, unter Berücksichtigung des bisherigen Beprobungsstandes, unsystematisch über die Intrusionen verteilt.

Die große chemische Variation des Dioritgabbros bei gleichem SiO_2 (Abb. 5.60; 5.62; 5.67-5.70), D.I. (Abb. 5.76-5.77) und Alkaliengehalt (Abb. 5.78-5.79) läßt eine Veränderung durch Fraktionierung sowie Kontaminierung (Assimilierung von Nebengestein) in der Zusammensetzung der intrudierenden Schmelze vermuten.

In Sta. Angelica wurden im Vergleich zu Mimoso do Sul (WIEDEMANN, LAMMERER; pers. Mitt.) nur untergeordnet Kumulate gefunden ; in Venda Nova dagegen Proben, die chemisch mit Pyroxen-, Pyroxen-Olivin-Kumulaten (NOCKOLDS 1954) vergleichbar sind.

Durch eine Pyroxen-Fraktionierung mit gravitativer Absaigerung wäre die Anreicherung an Alkalien, Titan und Phosphor der intrudierenden Teilschmelzen zu erklären.
Diese könnten dann ihrerseits durch Differentiation (Plagioklas; Titanit/Ilmenit ?) und Mischung zu den gefundenen intermediären Gesteinen entwickelt haben (Abb. 5.78-5.79).
Eine Aufschmelzung unter sich ändernden Druckbedingungen zu immer alkaliärmeren Schmelzen (GROHMANN 1984) würde diesem Trend entgegen laufen.
In den Proben, die wegen der Ti-, Alkalien- und P-Gehalte eigentlich quarzarm und foidreich sein müßten (vom Olivin-Melililith zum Ijolith und Urtit), erscheinen keine Foide (SCHMIDT-THOME 1986).
Die hohen Gehalte lassen sich also nur durch Anreicherung oder Mischung erklären.

Im KMN-Dreieck ist ebenfalls gut die Verschiebung eines Teils der Proben (Granite und Diorit/Mischgestein) in die K-Ecke zu sehen.
Ein hoher Prozentsatz der granitischen Proben liegt im Feld für Arkosen.

Im Na2O-CaO-K2O- und Rb-Sr-Ba-Dreieck (EL BOUSEKY et al. 1975) liegen viele Proben auf einem normalen Differentiationspfad.
In beiden Dreiecken fällt aber auch ein größerer Teil der Granitproben in das Feld für anatektische und "anomale" Granite.

Im R1-R2-Diagramm nach DE LA ROCHE (1980) läßt sich eine Einstufung der Granite nach tektonischen Gesichtspunkten durchführen:

- Granit 1 (Abb. 5.86) ist damit "syn-" bis "postcollisional" und spätorogen.
- Granit 2 ist wegen der Punkteverteilung als "syncollisional" bis "spätorogen" einzustufen (Abb. 5.89).

- Der Granit-Granodiorit-Gneis liegt im "precollision"-Feld (Abb. 5.89).

Für eine Einstufung der Granite als kompressionale Granite spricht ebenfalls der relativ scharfe, nicht unterbrochene Trend im AFM-Dreieck und die statistischen Daten (D.I.-, normative Plagioklasverteilung; Abb. 5.116 bis 5.117) nach MARTIN et al. (1972).
Diese Einstufung wird durch Geländebefund, Alterseinstufung (SÖLLNER et al. 1987) und tektonische Gegebenheiten bestätigt.

Die basischen Gesteine folgen normalen Differentiationstrends (DE LA ROCHE 1980; BATCHELOR und BOWDEN 1985).
Ein auffalliges Kriterium ist die Probenhäufung im intermediaren Bereich (im Diorit-Band nach DE LA ROCHE 1980) sowie das große Streufeld der Dioritgabbros mit etwa gleichem SiO2-Gehalt (Alkali- bis Noritgabbro-Felder).

Da der Faktor R1 durch Si, Na, K, Ti und Fe bestimmt wird und Si und Fe nicht sehr variieren, muß die Erniedrigung von R1 mit einer Zunahme von Ti, Na und K verbunden sein.

Weil bei den alkalireichen Gesteinen (bis ins Essexitfeld) die typischen Minerale (z B.: Foide) fehlen, ist der umgekehrte Vorgang eines zunehmenden subalkalischen Charakters der Schmelze durch Verlagerung in ein höheres Mantelniveau auszuschließen.
Es kommt nur eine primäre Alkali (Ti, P)-Anreicherung durch Fraktionierung (Pyroxene; An-reiche Plagioklase ?) mit einer nachfolgenden Fraktionierung und Kontamination (Mischung) dieser Gesteine zu intermediären Bereichen, in Frage.
Diorit und Syenomonzonit dürften dabei auf unterschiedliche Fraktionierungswege, Mischungsvorgänge ungleich zusammengesetzter Primärschmelzen und/oder Mischungsgrad zurückzuführen sein.

Im D.I.- di-c-Diagramm (Abb. 5.91) zeigt sich der kontinuierliche, für Orthogesteine typische Trend von hohen di- (bis 7%) zu niedrigen c-Gehalten (bis 4%) bei höherem Differentiationsindex. Ein solcher Verlauf ist nach CAWTHORN et al. (1976) typisch für viele kalkalkalische Plutone und deutet auf Amphibolfraktionierung hin.

Die Granite haben D.I.-Werte von 60-90 (typisch für anatektische Granite) und besitzen wolkige Verteilung mit moderaten di- (bis 7%) und c-Werten (bis 15%).
Hohe c-Gehalte sind kennzeichnend für die Aufschmelzung von sedimentenärem Material. Wenn zusätzlich hohe SiO_2-Gehalte auftreten, ist die Assimilation von Sandsteinen oder Arkosen sehr wahrscheinlich.
Nach der Einteilung von PITCHER (1979, 1984) sind die Granite einem gemischten I-/S-Typ zuzurechnen.

Um den Aufbau der Intrusionen, speziell die Verteilung der basischen und sauren Magmatite, Magmenmischung und Fraktionierung, beurteilen zu können, wurden Profile durch alle Intrusionskörper und den Randbereich von Sta. Angelica gelegt.

In allen Profilen ist eine Variation der Zusammensetzung der basischen Gesteine (Mischung, Fraktionierung) von innen nach außen zu erkennen (Abb. 5.93; 5.97; 5.99). Die Granit-Proben unterscheiden sich weniger deutlich.
Im Profil durch Sta. Angelica ist ein zentraler, relativ homogener Kern zu sehen, der von sich abwechselnden Bereichen mit Mischgesteinen oder homogenem, granodioritisch bis dioritischen Material umgeben ist.
Alle dargestellten Elementverteilungen verdeutlichen diesen Aufbau. Lediglich U_2O_3 folgt nicht diesem Schema.

Bei Castelo ist eine solche wechselnde Verteilung nicht zu beobachten, was auf das Anschnittniveau zurückzuführen sein dürfte.

Im Profil von Venda Nova (Abb. 5.99) ist, besonders bei der Al-, Mg- und P-Verteilung, die Entwicklung des Syenomonzonits von basischeren (hornblendereicher im zentralen Bereich) zu saureren (hornblendeärmer im Randbereich) Varietäten zu erkennen.

In den Variationsdiagrammen von SiO_2 - MgO (Abb. 5.95) und CaO - Ga (Abb. 5.94) bestätigt sich die Gliederung des Profils (Abb. 5.92).
Die Granitproben beschränken sich im wesentlichen auf einen eng begrenzten Bereich (hohe SiO_2-Gehalte) und überlagern sich nicht mit den intermediären Mischgesteinen.

Der zentrale Bereich (südlich von Sta. Angelica) ist relativ homogen aufgebaut. Die umlagernden einzelnen Diorit- und Mischgesteinsbereiche zeigen eine bei allen Untergruppierungen ähnliche Entwicklung von zentralen basischeren zu saureren Gesteinstypen.
Die CaO-Ga-Verteilung deutet für die basischen Gesteine auf eine Hornblende- und Plagioklas- (An60) und eventuell Ilmenit-Frakionierung hin, für die sauren Gesteine auf eine Biotit-Quarz-Fraktionierung. (Abb. 5.95).

Die Spezialprofile aus dem Randbereich von Sta. Angelica (Abb. 5.101 bis 5.105) bestätigen die deutliche chemische Trennung (Probenlücke bei 62-64% SiO_2) der überwiegenden Anzahl der Proben beider Gesteinsfamilien.
Im Profil 519B (Abb. 5.105) ist die Abgrenzung undeutlicher (beide Gesteinstypen gleichen sich geochemisch an), wobei jedoch weiterhin deutliche Unterschiede bei den Spurenelementen (Ba; Zr; Pb) zu erkennen sind.
Verschiebungen der Elementgehalte in aneinandergrenzenden Gesteinen, wie sie LOWRY et al. (1982) und WATSON et al. (1984) für "liquid-liquid"-Magmenmischung im Versuch nachgewiesen haben, wurden nicht beobachtet.

In den Variationsdiagrammen der Profilproben gegen SiO_2 (Alkalien Abb. 5.107; P_2O_5 Abb. 5.108; CaO Abb. 5.109; $MgO+FeO+Fe_2O_3$ Abb. 5.106 ist eine Gruppierung (Tab. 5.24; 5.25) der Proben zu erkennen. Diese stimmt im wesentlichen mit den einzelnen, im Gelände gefundenen Großgruppen überein.
In den Rb-Sr- und Rb-Ba-Variationsdiagrammen (Abb. 5.88 bis Abb. 5.89) zeigt sich, daß bei den basischen Gesteinen fraktionierte Krisallisation und bei den Graniten fraktionierte Aufschmelzung als Fraktionierungsprozeß überwiegt (im Vergleich zu Daten von ROBB 1983).

Von den geochemischen Daten ausgehend, läßt sich nur ein Teil (30%) der granodioritisch-dioritischen Proben durch Mischung erklären. Dieser Anteil stimmt überwiegend mit den makroskopisch erkennbaren schlierigen Gesteinen überein.
Der überwiegende Anteil der durch Mischung entstandenen intermediären Gesteine läßt sich geochemisch (Entnahme gemischter Proben) nicht von durch Fraktionierung entstandenen Proben abtrennen.

Die petrographische Bearbeitung der intermediären Proben (SCHMIDT-THOME 1987) erbringt ein differenzierteres Ergebnis:
Ummantelte Feldspäte im Granodiorit/Diorit, dunkle feinkörnige Einschlüsse im Granit/Granodiorit (bis in den mikroskopischen Bereich) und höhere An-Gehalte (An25-30) in den Plagioklasen der untersuchten Granitproben mit SiO_2 unter 70% sprechen für eine Entstehung der intermediären Gesteine vorwiegend durch Mischung von basischen, intermediären und sauren Magmen.

Die Plagioklassäume um Kalifeldspat besitzen gleiche An-Gehalte (An20-An30) wie die Matrixplagioklase und auch die Mäntel von Plagioklas-Xenokristallen im Diorit (Kern: An58-An35; Rand: An30-20).

Zwar könnte Fraktionierung bis in intermediäre Bereiche stattgefunden haben, sie läßt sich aber aufgrund der intensiven Durchmischung und der vorgenommenen Beprobung nicht nachweisen.
Um eine Trennung der Vorgänge durchführen zu können, müßte beim jetzigen Kenntnisstand eine neue gezielte Beprobung mit einem Bohrgerät durchgeführt werden.
Nur durch die Entnahme ungemischter Proben und deren Untersuchung auf Spuren-, Seltenerdenele-mente und Isotopenverhältnisse lassen sich Fraktionierungs- und Mischungsprozesse geochemisch auftrennen und erfassen (COX et al. 1986).

5.4. STATISTISCHE AUSWERTUNG DER GEOCHEMISCHEN ANALYSENDATEN

Mit den Analysendaten der Proben der Intrusiv- und Nebengesteine wurden verschiedene statistische Verfahren durchgeführt, um Beziehungen zwischen den einzelnen Probengruppen zu ermitteln, zu quantifizieren, mit den petrographischen und geochemischen Ergebnissen zu vergleichen und damit Hilfestellung für die Entwicklung von Differentiations- und Intrusionsmodellen zu geben.

Die Histogramme der einzelnen Gesteinsgruppen sollen genetische Beziehungen verdeutlichen helfen.
Sie sind außerdem für die Verwendung multifaktorieller Verfahren hilfreich, da sie visuell die Verteilung der Werte und die Ähnlichkeit zur Normalverteilung deutlich machen.

Für die Diskriminanzanalyse konnten die unveränderten Rohdaten verwendet werden, da das Programm eigene Normierungsprozeduren beinhaltet (SCHUCHARD-FICHER et al. 1980).

Die Clusteranalysenverfahren wurden mit logarithmierten Spurenelementgehalten durchgeführt.

Die an die Normalverteilungskurve angeglichenen Werte (Tab. 4.2) wurden für die multivariaten Verfahren verwendet.

5.4.1. Histogramme

5.4.1.1. Histogrammverteilungen der Elemente

Um die Verteilung der Elementgehalte der einzelnen Analysen quantifizieren und mit den anderen Gesteinen vergleichen zu können, wurden von allen Gesteinsgruppen Histogramme erstellt.
Auf eine prozentuale Normierung der Probenanzahl wurde verzichtet, da die Probennahme nicht statistisch erfolgte.

Für jedes Element variiert die Form der Verteilungskurve in Abhängigkeit vom Gesteinstyp und Lokalität (AHRENS 1954, 1957, 1960).

SiO_2-Verteilung (Abb. 5.110):
Bei allen Verteilungskurven zeigt sich eine Übereinstimmung der Verteilungen von Granit 1 und Granit 2, wobei Granit 2 etwas basischer erscheint.
Beim Vergleich der basischen Gesteine ergibt sich eine Entwicklung vom Dioritgabbro zum Diorit (Mischgestein) und Syenomonzonit.
Die Nebengesteine überdecken den Bereich des Granit-Granodiorit-Gneises wobei sich die Maxima gleichen. Jedoch werden vom Granit-Granodiorit-Gneis keine so hohen SiO_2-Werte erreicht wie von den Migmatiten und Gneisen.
Das Histogramm der Ganggesteinsproben besitzt drei Maxima:
Für die basischen Gänge (50-55%)
Für die sauren Gänge (65-68%; 72-75%)
Die Verteilungskurven der Granite gleichen angenähert Normalverteilungen, wie die der basischen Gesteine.
Die Verteilungen der Granite sind linksschief und weisen drei Maxima auf, die der basischen Gesteine rechtsschief.
Die Nebengesteins-Proben zeigen in Abhängigkeit zur Basizität ebenfalls diese Verteilung.

Al_2O_3 (Abb. 5.111)
Die Histogramme der Granite sind leicht rechtsschief und symmetrisch und verhalten sich damit wie die von AHRENS (1960) beschriebenen westafrikanischen Granite.
Die basischen Gesteine sind extrem linksschief verteilt.

Fe(tot) (Abb. 5.111)
Die basischen Gesteine sind rechtschief wie von (NOCKOLDS 1954) als üblich beschrieben, die sauren sind linksschief und damit anders als die afrikanischen Granite.
Bei den Nebengesteinen und den Gängen ist deutlich die Gruppenbildung zu sehen.
Die Granite sind extrem linksschief (wie die Nebengesteine) und die basischen Gesteine fast normalverteilt.

MgO (Abb. 5.112)
Das Maximum des Granit 2 ist kleiner als das des Granit 1.
Die Nebengesteinsproben weisen überwiegend ebenfalls wenig MgO auf.

Der Dioritgabbro besizt eine bimodale Verteilung, deren einer Gipfel mit dem Diorit (Mischgestein)-Maximum übereinstimmt.
Die Gänge gliedern sich in eine Mg-reiche und eine Mg-arme Gruppe.

MnO (Abb. 5.112)
Für granitische Gesteine existieren in der Literatur positive Verteilungen, was von den untersuchten Brasiliano-Graniten nicht erfüllt wird.
Deutlich ist eine ähnliche Verteilung der Granite und der Nebengesteine zu erkennen.

CaO (Abb. 5.113)
Die Granite sind angenähert normalverteilt. Die Gänge lassen sich den unterschiedlichen Gesteinen zuordnen.

Alkalien (Abb. 5.113 und Abb. 5.114)
Die basischen Gesteine sind angenähert normalverteilt. Die Granite haben ähnliche Maxima und Verteilungen wie die Nebengesteine.

TiO_2 (Abb. 5.115)
Auffällig sind hier die hohen Werte für den Diorit und Dioritgabbro.
Wieder zeigen Granite, Granit-Granodiorit-Gneis und Nebengesteine gleichartige Verteilung und Maxima.

P_2O_5 (Abb. 5.115)
Sehr schön lassen sich auch hier die Gänge zuordnen und die hohen P-Werte des Gabbros und Diorits (Mischgestein) gegenüber den niedrigen Gehalten des Syenomonzonit erkennen.
Dies könnte durch eine Apatit-Fraktionierung erklärt werden.

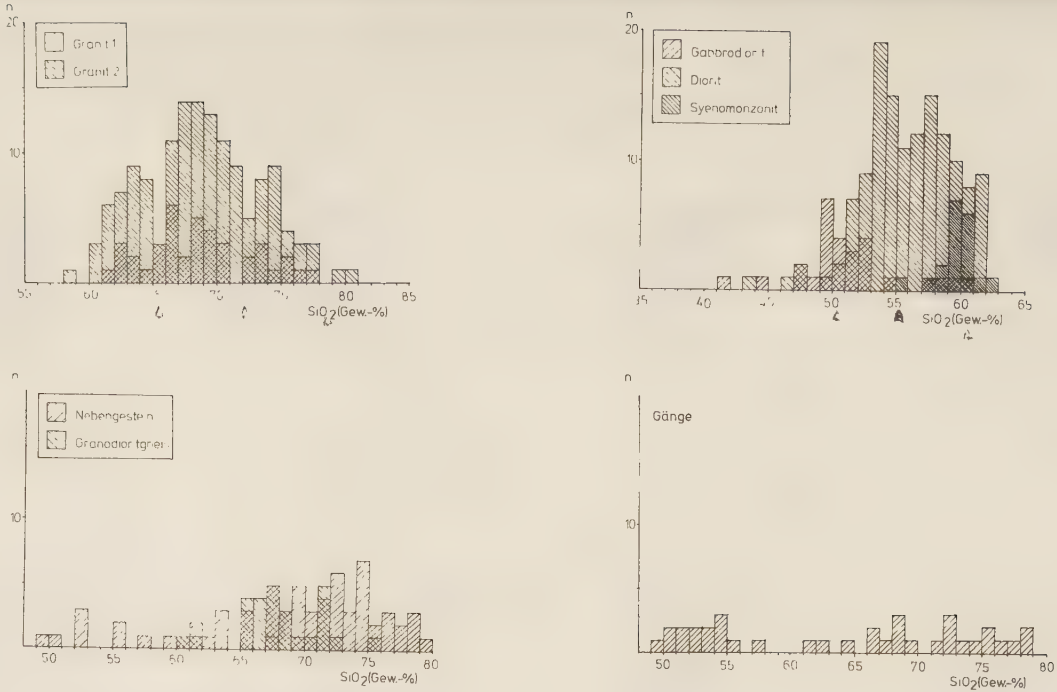


Abb. 5.110: Histogrammverteilung SiO2
Die für die Mischungsberechnungen verwendeten Gruppen sind gut zu erkennen. Die Gangproben lassen sich bei Vergleich den einzelnen Magmenfamilien zuordnen.

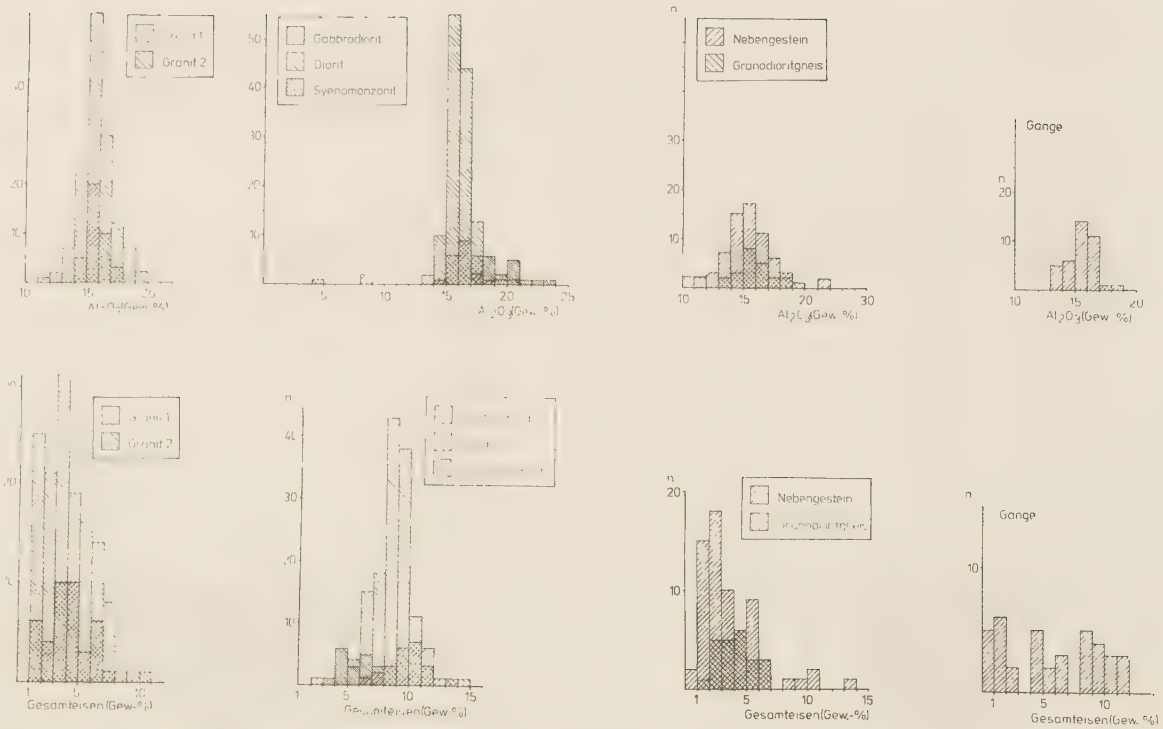


Abb. 5.111: Histogrammverteilung Al2O3 und Gesamteisen. Alle Gesteine besitzen ähnliche Al-Verteilungen. Die Fetot-Gehalte sind bei den basischen Gesteinen deutlich erhöht, während sie bei Graniten, dem Granit-Granodiorit-Gneis und den hellen Nebengesteinen etwa übereinstimmen.

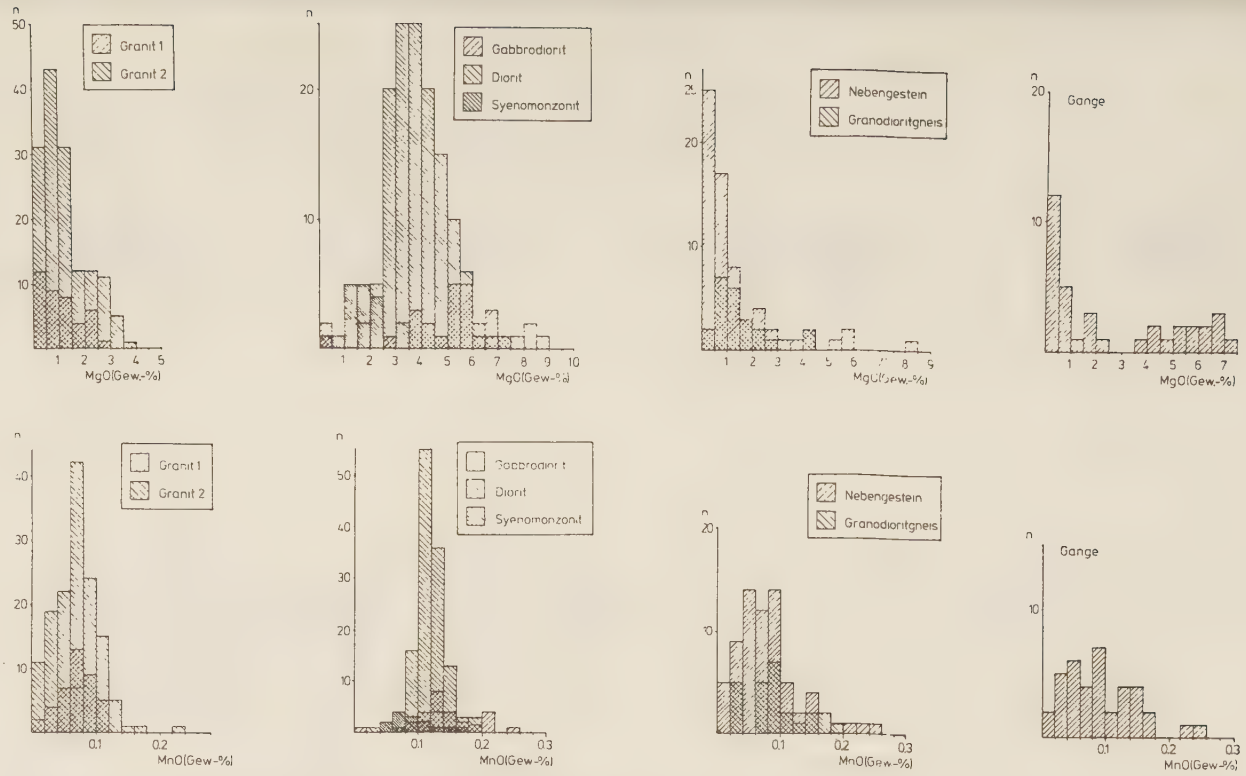


Abb. 5.112: Histogrammverteilungen MgO und MnO.
Auch hier in etwa Übereinstimmung in den Mg- und Mn-Verteilungen zwischen Graniten, dem Gneis und den Nebengesteinen.
Nicht dargestellt sind hohe Mg-Gehalte (2; bis 22%) von Venda Nova.

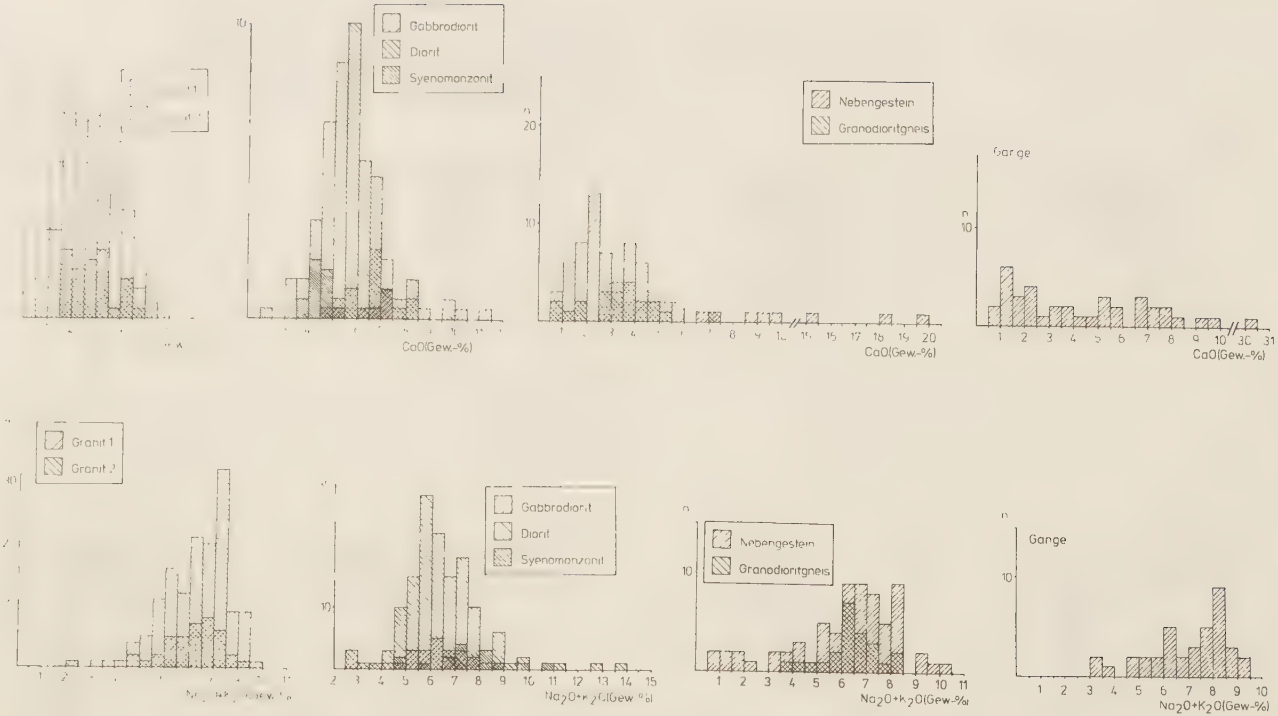


Abb. 5.113: Histogrammverteilungen CaO und Alkalien.
Auch hier ist eine Gruppenbildung bei den Graniten und basischen Gesteinen sowohl beim Ca wie bei den Alkalien zu sehen.

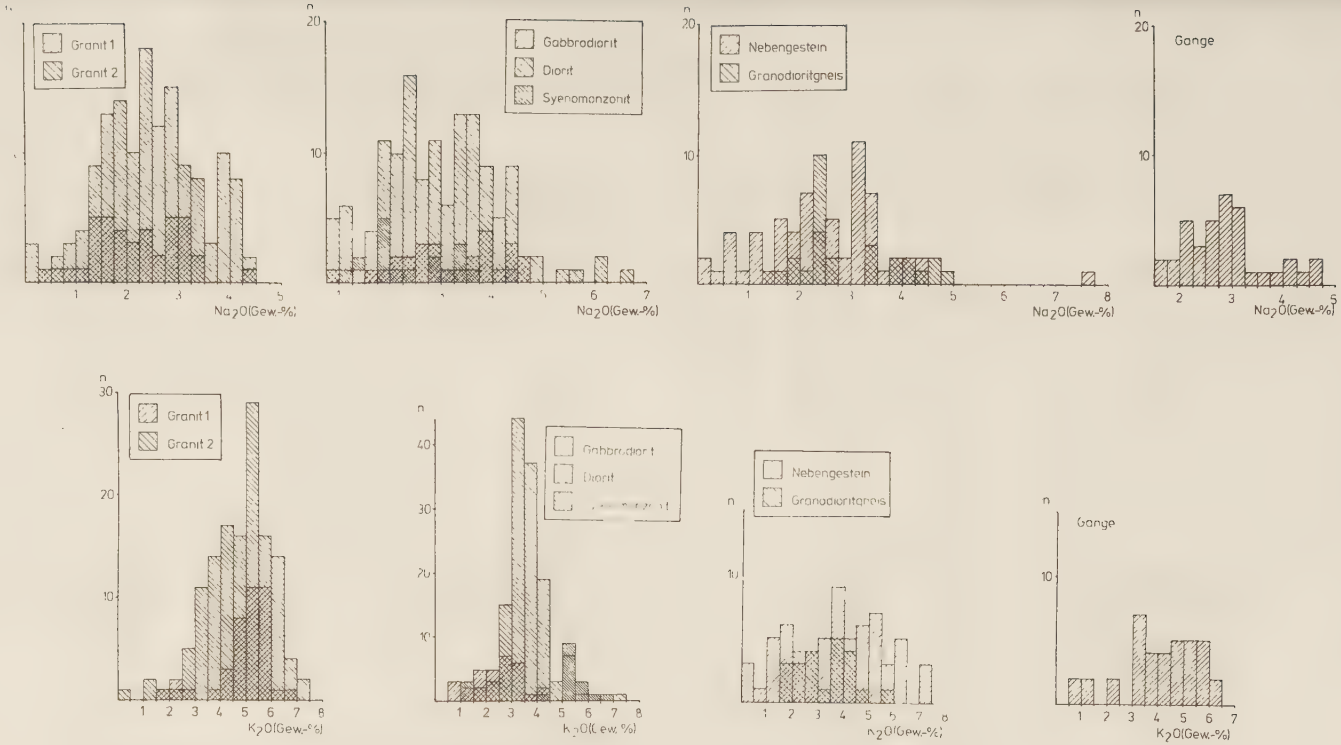


Abb. 5.114: Histogrammverteilungen Na2O und K2O.
Die hohen K-Gehalte sind deutlich zu sehen. Die Variation des Syenomonzonits im Na-Gehalt ist auffällig.
Die Alkaliengehalte sind bei den Intrusiva im Mittel höher als beim Nebengestein, in den Verteilungsmaxima jedoch ähnlich.

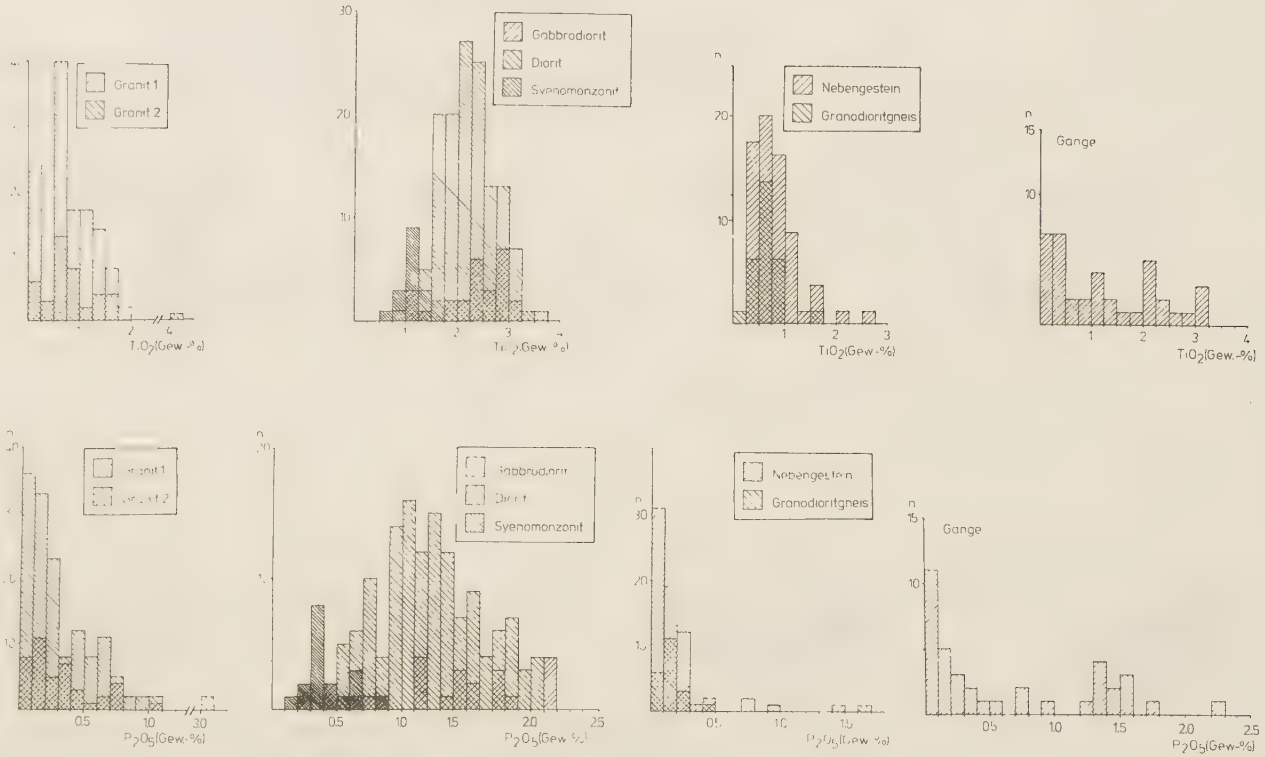


Abb. 5.115: Histogrammverteilungen TiO2 und P2O5. Deutlich sind die hohen Ti- und P-Gehalte der basischen Gesteine zu sehen. Die sauren Intrusiva, der Granit-Granodiorit-Gneis und die Nebengesteine entsprechen in ihren Kurven normalen Verteilungen.

5.4.1.2. D.I.- und normative Plagioklas-Verteilung

Nach MARTIN et al. (1972) läßt sich aus der Verteilung des D.I.-Wertes (THORNTON und TUTTLE 1960) und des normativen Plagioklasgehaltes eine Aussage über das tektonische Regime während der Intrusion ablesen.

Nichtorogene Granite zeigen ausgeprägte bipolare Ausbildung (Maxima bei etwa D.I.=20-30 und D.I.=90) der Verteilung (Abb. 5.116b), hingegen orogen beeinflußte ein Maximum (D.I.=50-80; Abb. 5.116a).

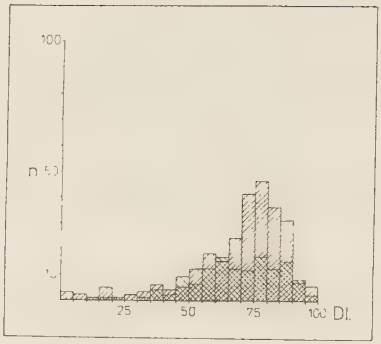
SIAL et al.(1976) erweiterten diese Untersuchung dahingehend, daß aus dem Verlauf der D.I.- und normativen Plagioklas-Kurven (zusammen mit anderen Faktoren) ein extensionales (Abb. 5.116b) und ein kompressionales (Abb. 5.116a) Milieu abgeleitet werden kann.

Im extensionalen Milieu entstehende Schmelzen sind auf geschmolzenen wasserfreien Peridotit unter geringer Beteiligung von kontinentaler Kruste zurückzuführen, ohne weitergehende Magmenmischungen.

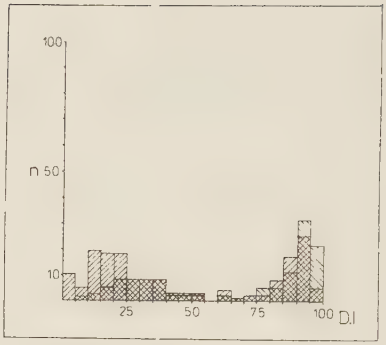
Im kompressionalen Milieu gebildete Magmen entstehen aus subduzierter ozeanischer Kruste oder eingeschuppten, überlagernden peridotitischen Gesteinen.
Kenzeichnend ist eine intensive Kontamination durch die intrudierten krustalen Gesteine sowie Magmamixing (mushy-mushy; liquid-mushy).

Nach den Untersuchungen entsprechen die hier beschriebenen Gesteine kompressional gebildeten Magmen (Abb. 5.116).
Sowohl die D.I.- wie auch die normativen Plagioklas-Verteilungen sind nicht bimodal (nach SIAL et al. 1976).
Sie sind den magmatischen Suiten von Abb. 5.116a vergleichbar.

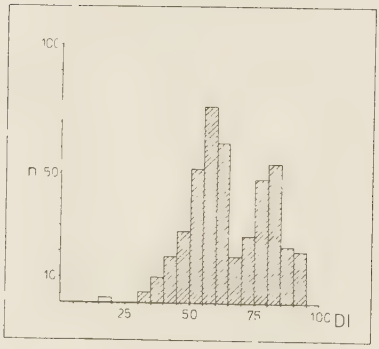
Eine Aufteilung in zwei Peaks bei der Intrusion von Sta. Angelica (D.I.: 60; D.I.: 80) ist auf die Beteiligung zweier Magmenfamilien, einer basischen, kontaminierten und einer reinen krustenanatektischen Familie zurückzuführen (siehe auch Verteilung in Abb. 5.117).
Die von SIAL et al. (1976) für extensionales Milieu geforderte Mengenverteilung zwischen sehr basischen und sauren Magmen ist hier nicht gegeben (siehe Abb. 5.110).



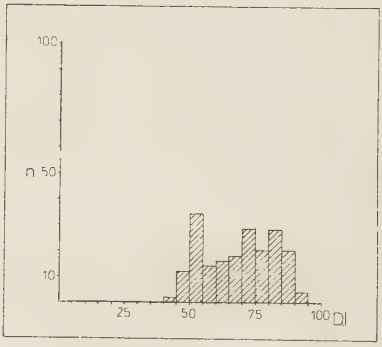
a



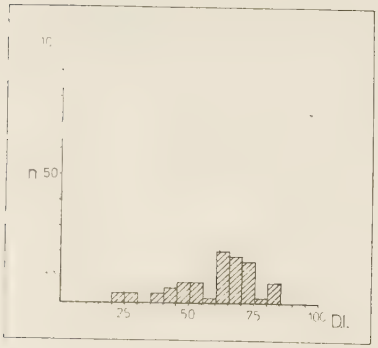
b



Sta. Angélica



Castelo



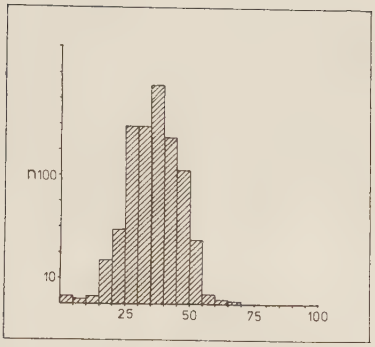
Venda Nova

Abb. 5.116:

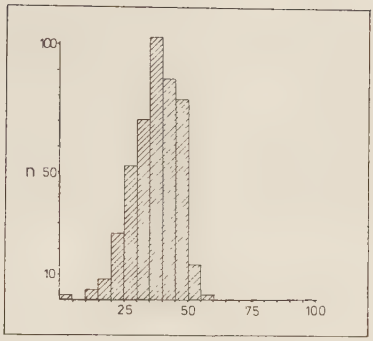
D.I.-Histogramme der drei Intrusionen sowie zum Vergleich extensionale (a) und kompressionale (b) Magmen.

a. Sierra Nevada
   Aleuten
b. Britische Inseln
   Island

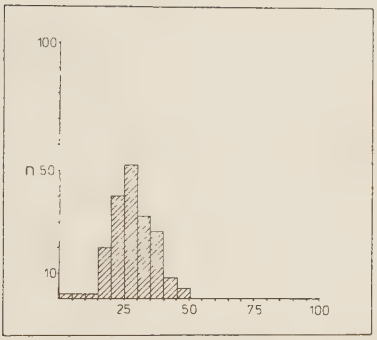
Im Vergleich zu a und b ist gut der kompressionale Charakter der Intrusionen zu erkennen.
Nur bei den Proben von Venda Nova ist wegen der geringen Probenanzahl die Beurteilung unsicher.



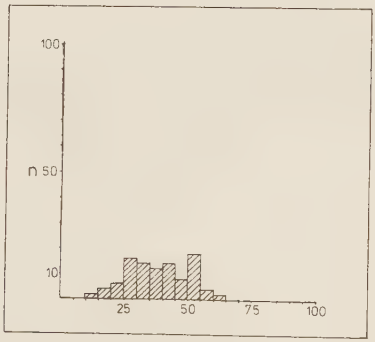
alle



Sta. Angélica



Castelo



Venda Nova

Abb. 5.117: Verteilung des normativen Plagioklas aller drei Intrusionen.
Bei den Intrusionen von Sta. Angelica und Castelo ist keine bimodale Verteilung zu erkennen, während bei Venda Nova dies nicht eindeutig zu entscheiden ist.

5.4.2. Diskriminanzanalyse

Unter Verwendung des Programmes DISCRIMINANT des Statistik-Paketes SPSS wurde eine Diskriminanzanalyse mit schrittweisem Ein- und Ausschluß der Variablen durchgeführt.
Die vom System vorgegebenen Parameter, wie Toleranz (0.00019), Schrittweite (2xAnzahl der Variablen), Eingangswert (1.0) und Ausgangswert (1.0) sind beibehalten. Angewendet wurden die Verfahren WILKS, MINRESID, MAHAL und RAO. Von den ausgewählten kanonischen Faktoren werden die ersten beiden (CF1, CF2) in den folgenden Abbildungen dargestellt, was zweidimensionalen Querschnitte eines mehrdimensionalen Faktorraumes ergibt.

Es läßt sich feststellen, daß hier alle Verfahren zu etwa dem gleichen Ergebnis kommen:

In Abb. 5.118 sind alle Gesteine dargestellt. Durch die, beim Rechenprozeß ausgewählten Variablen und deren Wichtung ergibt sich eine Zunahme des Differentiationsgrades von unten links nach rechts oben.

Schön zu erkennen ist hier die Entwicklung vom Dioritgabbro zum Syenomonzonit und die fast vollständige Überlagerung aller sauren Gesteinsbereiche, wobei der Granit 1 stärker differenziert erscheint als der Granit 2 (Abb. 5.119).

Die gabbroiden Gesteine lassen sich gut trennen (Abb. 5.120).
Die sauren Gesteine überlagern sich stark und die Feldmittelpunkte liegen dicht zusammen (Abb. 5.121).
Dies gilt sowohl bei Verwendung aller Proben, wie auch bei der Untersuchung einzelner Intrusionen.
Nach Aufteilung der geochemisch unterschiedenen Gruppen bestätigen sich diese Ergebnisse in den Einzeldiagrammen.

In Abb. 5.119 ist die deutliche Abgrenzung des Syenomonzonits gegenüber den Graniten gut zu erkennen.
Die sauren Gesteine zeigen eine Zunahme in der Basizität von den Graniten zum Granit-Granodiorit-Gneis. Die Granite ihrerseits lassen sich nur ungenügend trennen.

Bei den basischen Gesteinen (Diorigabbro; Diorit) zeigt sich ein kontinuierlicher Übergang von Dioritgabbro zu Diorit (Mischgestein) mit teilweiser Überlagerung der Verteilungsbereiche (Abb. 5.120).

Aus Abb. 5.121 ist die ebenfalls gute Trennung der Ganggesteine ersichtlich. Es fällt auf, daß Übergänge im intermediären Bereich fehlen.

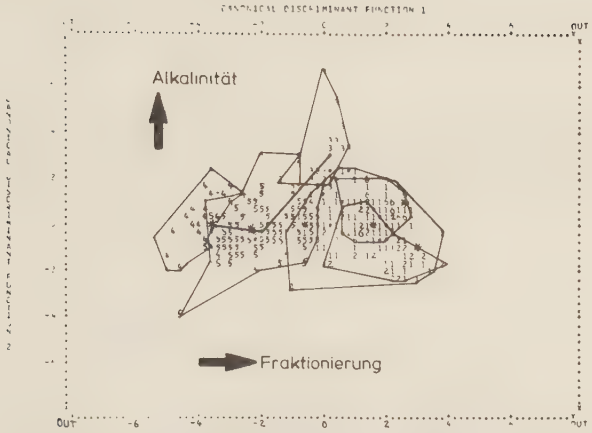


Abb. 5.118: Darstellung aller vorkommenden Gesteinstypen im CF1-CF2-Netz. Die Faktorenzusammensetzung ist aus der Tabelle zu entnehmen.
Die Granite lassen sich schlecht trennen. Vom Dioritgabbro verläuft ein Fraktionierungstrend zum Syenomonzonit.

Clusterzentrum:	*	Dioritgabbro:	4
Granit 1:	1	Diorit:	5
Granit 2:	2	Granit-Granodiorit-Gneis:	6
Syenomonzonit:	3	nicht einbezogen:	7

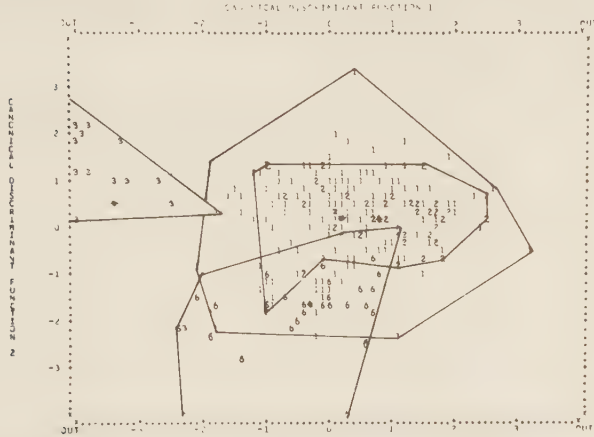


Abb. 5.119: Darstellung der sauren Gesteine im CF1-CF2-Diagramm. Die Faktorenzusammensetzung ist aus der Tabelle ersichtlich.
Der Syenomonzonit unterscheidet sich deutlich von den Graniten. Diese überlagern sich, wobei Granit 2 eine kleinere Streuung als Granit 1 aufweist. Die Granit-Granodiorit-Gneis-Proben liegen überwiegend ebenfalls im Granit 1-Bereich.

Clusterzentrum:	*	Syenomonzonit	5
Granit 1:	1	Granit-Granodiorit-Gneis:	6
Granit 2:	2		

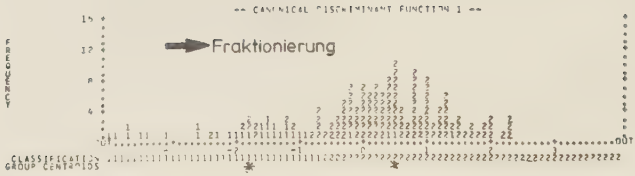


Abb. 5.120: Darstellung der basischen und intermediären Gesteine im CF1-CF2-Netz.
Dioritgabbro- und Diorit-Mischgesteins-Proben überlagern sich teilweise. Mehrere Maxima deuten auf mehrere etwas unterschiedliche zusammengesetzte Magmenschübe hin.
Clusterzentrum: * Diorit: 2
Dioritgabbro 1

Abb. 5.121: Die Ganggesteine der Intrusionskörper in der CF1-CF2-Darstellung. Die Faktorenzusammensetzung kann aus der Tabelle entnommen werden.
Zwischen den basischen und sauren Gängen sind keine mit verbindendem Chemismus zu beobachten, welche auf eine Entstehung der einen aus der anderen Schmelze durch Fraktionierung hinweisen könnte.

Clusterzentrum:	*	basische Ganggesteine	3
saure Ganggesteine:	1	Einschlüsse:	4
Pegmatite:	2		

In einem zweiten Lauf wurden die Gesteine nach Intrusivkörpern getrennt untersucht. Eine Trennung aller Gesteine von Intrusion zu Intrusion ist nicht möglich (Abb. 5.122). Aus der Varianz der Zentren und unter Berücksichtigung der ausgewählten Trennvariablen und deren Wichtung ergibt sich eine Abnahme der Basizität der Intrusivgesteine von Venda Nova über Sta. Angelica nach Castelo.

Auch bei diesem Lauf zeigte sich, daß die sauren Gesteine (Granit 1, Abb. 5.124; Granit 2, Abb. 5.125) sehr schlecht voneinander zu trennen sind. Lediglich der Syenomonzonit von Venda Nova hat deutlich andere Charakteristika.

Die Granit-Granodiorit-Gneis-Proben sind nach den einzelnen Intrusionen gut zu trennen (Abb. 5.123), wobei die Proben von Sta. Angelica und Castelo ähnliche Azidität besitzen und sich vorwiegend durch andere Gehalte der Spurenelemente trennen lassen (z.B. Rb).

Die Dioritgabbro-Proben (Abb. 5.126) und die Diorite/Granodiorite (Abb. 5.127) sind klar zu unterscheiden. Es ergibt sich unter Berücksichtigung der Trennvariablen eine Abnahme der Basizität von Venda Nova über Sta. Angelica zu Castelo.

Bei den Gesteinen des Complexo Alegre, sowohl bei den leucokraten, wie auch bei den melanokraten, ist ein anderer Trend zu erkennen. Hier treten die Gesteine mit der größeren Basizität in der Umgebung von Sta. Angelica und nördlich davon auf, die mit der geringeren bei Venda Nova und Castelo (Abb. 5.128; 5.129).

Die Rahmengesteine bei Castelo und Venda Nova sind auf diese Weise nur ungenügend differenzierbar.

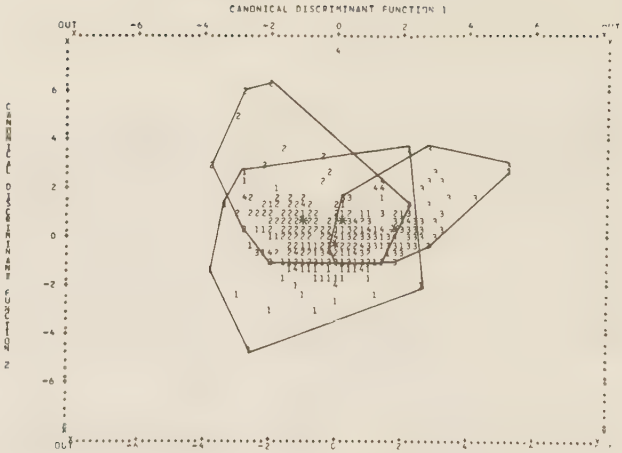


Abb. 5.122: Darstellung aller Gesteine, getrennt nach Intrusionen im CF1-CF2-Diagramm.
Eine Trennung der Gesteine nach Intrusionen ist nicht möglich. Die großflächige Überlagerung der Verteilungen bestätigt die große Ähnlichkeit.

Clusterzentrum:	*	Venda Nova:	3
Sta. Angelica:	1	Complexo Alegre:	4
Castelo:	2		

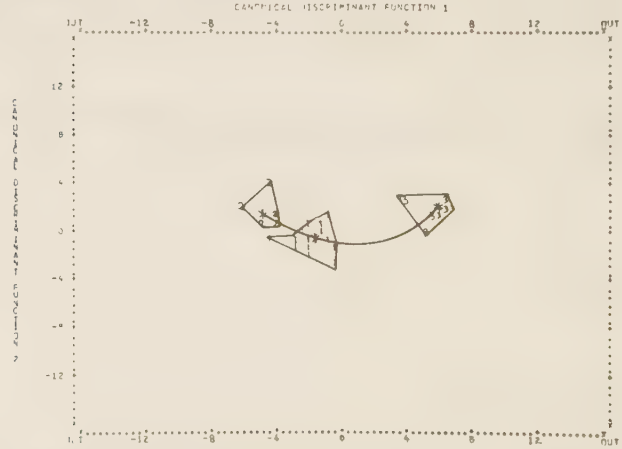


Abb. 5.123: Darstellung der Granit-Granodiorit-Gneis-Proben getrennt nach Intrusionen im CF1-CF2-Diagramm.
Die Gesteine unterscheiden sich von Bereich zu Bereich. Eine Abfolge von Venda Nova über Castelo zu Sta. Angelica ist erkennbar.

Clusterzentrum:	*	Venda Nova:	3
Sta. Angelica:	1	Complexo Alegre:	4
Castelo:	2		

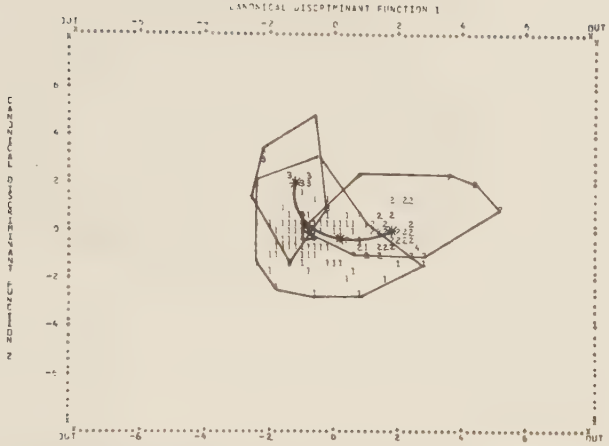


Abb. 5.124: Die Granit 1-Proben getrennt nach Intrusionen im CF1-CF2-Diagramm.
Die Granit 1-Proben trennen schlecht auf. Wegen der Variablenauswahl ist eine Fraktionierung von Venda Nova über Sta. Angelica nach Castelo zu erkennen (Feldmittelpunkte).

Clusterzentrum:	*	Venda Nova:	3
Sta. Angelica:	1	Complexo Alegre:	4
Castelo:	2		

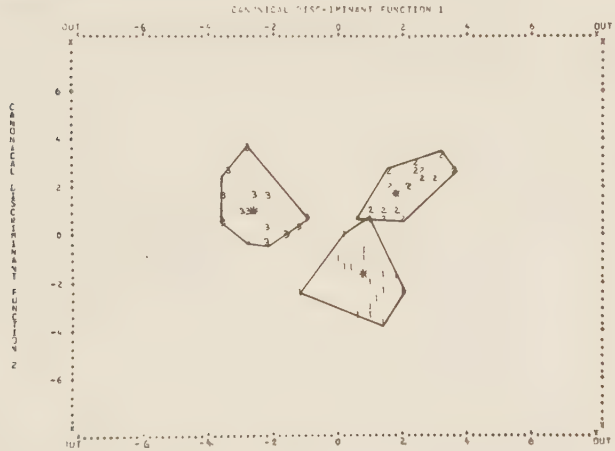


Abb. 5.125: Die Granit 2-Proben getrennt nach Intrusionen im CF1-CF2-Diagramm.
Ähnlich wie bei Granit 1 ist bei Granit 2 auch eine Entwicklung von Venda Nova nach Castelo zu sehen. Die Betonung von Al als Variable könnte mit einer Beteiligung des Granit-Granodiorit-Gneises bei der Entstehung zusammenhängen.

Clusterzentrum:	*	Venda Nova:	3
Sta. Angelica:	1	Complexo Alegre:	4
Castelo:	2		

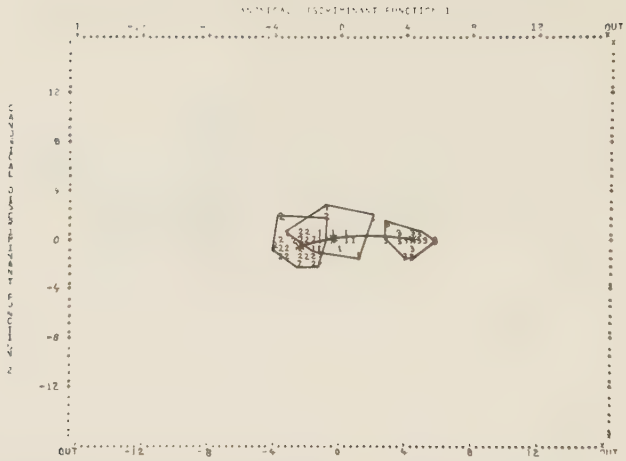


Abb. 5.126: Die Gabbro-Diorit-Proben getrennt nach Intrusionen im CF1-CF2-Diagramm.
Die Basizität der Gabbros nimmt von links nach rechts zu, wobei sich Sta. Angelica und Castelo ähnlich sind.

Clusterzentrum:	*	Venda Nova:	3
Sta. Angelica:	1	Complexo Alegre:	4
Castelo:	2		

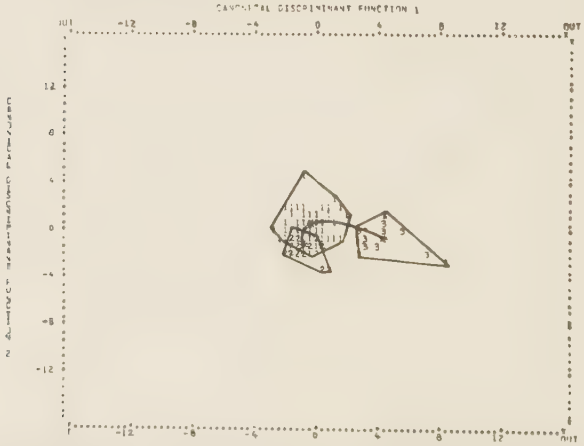


Abb. 5.127: Die Diorit- und Syenomonzonit-Proben getrennt nach Intrusionen im CF1-CF2-Diagramm.
Die Diorit-Proben von Sta. Angelica und Castelo sind sich sehr ähnlich. Die Syenomonzonit-Proben von Venda Nova weichen geringfügig ab.

Clusterzentrum:	*	Venda Nova:	3
Sta. Angelica:	1	Complexo Alegre:	4
Castelo:	2		

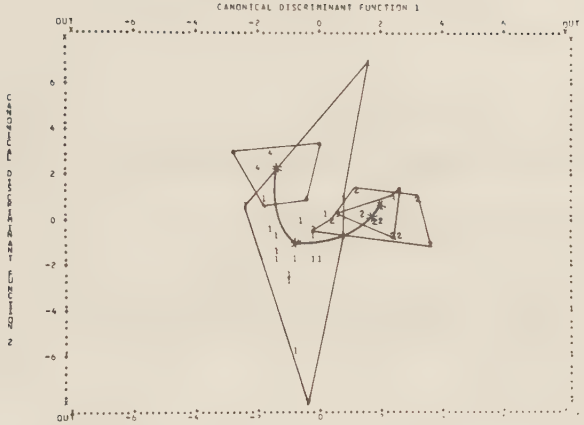


Abb. 5.128: Die sauren Migmatite und Gneise im CF1-CF2-Diagramm.
Die hellen Gneis- und Leukosom-Proben liegen sehr dicht zusammen, wobei sich die Proben bei Venda Nova und Castelo sogar überlagern.
Clusterzentrum: * Venda Nova: 3
Sta. Angelica: 1 Complexo Alegre: 4
Castelo: 2
Die Linie verbindet zur Verdeutlichung die Clusterzentren.

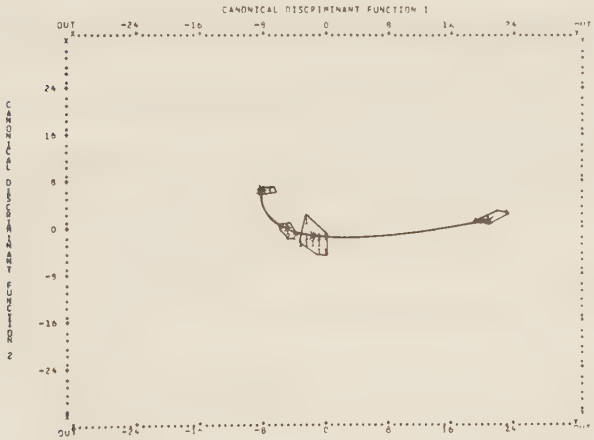


Abb. 5.129: Die basischen Anteile der Migmatite im CF1-CF2-Diagramm.
Clusterzentrum: * Venda Nova: 3
Sta. Angelica: 1 Complexo Alegre: 4
Castelo: 2
Die Linie verbindet zur Verdeutlichung die Clusterzentren.

5.4.3. Faktorenanalyse

Alle Gesteinsgruppen sind nach Faktorenanalyse und Rotation (siehe Kapitel 4.2.) in bis zu vier Faktoren darstellbar.

Alle Elemente mit einer Ladung größer 0.3 und einem Eigenwert größer 1 wurden berücksichtigt.

Dies garantiert noch keine sinnvollen Ergebnisse (BAUER 1984). Jedoch lassen sich bei Berücksichtigung der petrographischen Erkenntnisse sinnvolle Rückschlüsse vornehmen.

Die Ladung der einzelnen Faktoren lassen mit Einschränkungen eine Unterscheidung nach Gruppenzugehörigkeit und Fraktionierungsweg zu.

Granit 1:
Faktor 1: Wird durch die mafischen Minerale geladen, welche negativ mit Na und Si korrelieren.
Die Zusammensetzung deutet darauf hin, daß Biotit und Hornblende die Hauptträger von Ca, Mg, P, Ti und Fe sind.
Faktor 2: Na und Ca sind korreliert, was auf Plagioklas als ladendes Mineral hinweist.
Faktor 3: Es zeigt sich eine negative Korrelation zwischen Si und Al. Dieser "Al-Faktor" kann neben K-Feldspat alle anderen Al-Minerale repräsentieren.

Granit 2:
Faktor 1: Ähnlich wie beim Granit 1 wird hier der Faktor 1 durch die gleichen Elemente geladen, was eine ähnliche Bedeutung impliziert.
Unterschiedlich sind nur die Ladungswerte.
Faktor 2: Positiv durch Mn geladen und negativ durch Na, ist die Beurteilung schwierig.
Da Mn jedoch vorwiegend in Biotit und Hornblende auftritt, muß ein Zusammenhang bestehen.
Ein Teil des Mn-Gehaltes scheint jedoch auch in Ca-reichen Plagioklasen vorzukommen, da Mn ebenfalls mit dem Faktor 1 positiv korreliert ist.

Dioritgabbro:
Faktor 1: Negativ geladen durch Al, Si und positiv durch Fe++, Fe+++, Mg, repräsentiert dieser Faktor Amphibol und Pyroxen.
Faktor 2: Al, P, K und Ti laden positiv und Mg negativ. Es scheint eine zweifache Beeinflußung vorzuliegen. Eine Kombination von Titanit oder Ilmenit mit Biotit oder K-Feldspat. Eine Kombination von Ti-Minerale mit Biotit erscheint jedoch wahrscheinlicher.
Faktor 3: Die positive Ladung durch Ca und Al deutet auf Plagioklas hin.
Faktor 4: Die Korrelation von Na und K mit Al läßt Orthoklas und Albit als mögliche Minerale erscheinen.

Diorit (Mischgestein):
Faktor 1: Ähnlich wie F1 vom Dioritgabbro, jedoch mit zusätzlicher positiver Ladung durch Ca weist dies auf Ca-Amphibole/Pyroxene zusätzlich zu Fe-Mg-Amphibole/Pyroxene als Träger hin.
Faktor 2: Mg, Fe++, Fe+++, P und Ti laden positiv, Al und Si negativ.
Neben Plagioklas wird zunehmend Biotit wichtig.
Faktor 3: Die positive Ladung von Na und die negative von Si, Fe++ und Fe+++ verhindern eine eindeutige Zuordnung.
Natrium scheint jetzt auf sehr viele unterschiedliche Minerale verteilt zu sein, wobei jedoch Na-reiche Feldspäte Hauptträger sind.

Syenomonzonit:
Faktor 1: Entspricht bis auf eine geringere Ladungsstärke des Ca und höhere Ladung des Mg in etwa dem Faktor 1 des Diorits und weist auf Amphibol und Biotit hin.
Faktor 2: P, K, Ti laden positiv, Ca extrem negativ.
Die Abscheidung scheint von Fe-Na-reichen Biotiten zu Ti-K-reichen zu verlaufen.
K-Feldspäte beeinflußen deutlicher.
Faktor 3: Na, Mg, Ca positiv - Al, Si, K negativ.
Dieser Faktor scheint durch die Hornblende-Reihe bestimmt zu werden.

Granit-Granodiorit-Gneis:
Faktor 1: Biotit verursacht die Ladung dieses Faktors.
Faktor 2: Wird durch Plagioklas geladen.
Faktor 3: Die positive Ladung durch Na und Mg kann auf Hornblende hinweisen.

Leucosome und helle Migmatite:
Faktor 1: Wird durch die dunklen Minerale, vorwiegend Biotit bestimmt.
Faktor 2: Kalifeldspat bestimmt diesen Faktor.
Faktor 3: Das ladende Mineral dürfte Na-Feldspat sein.

Mesosome und dunkle Gneise:
Faktor 1:Biotit ist wichtigstes, ladendes Mineral.
Faktor 2: Nicht genau einzuordnen, aber Ca-Amphibol erscheint nicht unwahrscheinlich.
Faktor 3: Albit, bzw. Plagioklas, lädt diesen Faktor.

5.4.4. Clusteranalyse

5.4.4.1. Variablencluster

Zur Berechnung der Cluster wurden alle Elemente (Variablen) verwendet und durch beidseitige Korrelation bei voreingestellten Parametern (Absolutbetrag des Korrelationskoeffizienten, minimale Ähnlichkeit) verknüpft.

Untersucht wurden folgende Gruppen:
1. Alle Gesteine aller Intrusionen (Abb. 5.130)
2. Alle Gesteine je einer Intrusion (Abb. 5.131-5.133)
3. Ein Gesteinstyp bei allen Intrusionen (Abb. 5.134-5.140)

Beim Vergleich aller Gesteine aller Intrusionen wurden fünf Hauptcluster erzeugt (Abb. 5.130).

Bei der Untersuchung aller Gesteine je einer Intrusion ergeben sich keine großen Unterschiede zwischen den einzelnen Intrusivkomplexen, lediglich die Ebenen der Clusterbildung sind verschoben. Von Venda Nova bis Castelo nimmt die Korrelation der einzelnen Cluster ab. Aus zwei etwa gleichgewichteten Großclustern (Similarity: 36.0 und 34.1) wird ein hierarchischer Aufbau (Abb. 5.131 bis 5.133).

In der Tabelle 5.27 sind die Elemente mit der höheren "Similarity" (Ähnlichkeit) in Prozent nochmals dargestellt.

Bei allen drei Intrusionen bilden die Elemente Cr und Ni sowie die mafischen Oxide, TiO_2, FeO, Fe_2O_3, P_2O_5 und MgO Cluster. Bis auf Venda Nova sind Ba und Sr immer korreliert und beide mit Al_2O_3, was auf das Vorkommen in Biotit und Kalifeldspäten hinweisen könnte.

Die Korrelation zwischen CaO und MgO deutet bei Venda Nova auf Pyroxen und bei Castelo auf Hornblende hin (siehe petrographische Ergebnisse, SCHMIDT-THOME 1987 in Vorb.).

Von den Gesteinen aus Venda Nova über die von Castelo zu denen von Sta. Angelica zeigt sich die Veränderung im Mineralbestand hin zu saurerer Gesamtzusammensetzung (vergleiche Modalanalysen SCHMIDT-THOME 1986) auch in der Art der Clusterbildung.

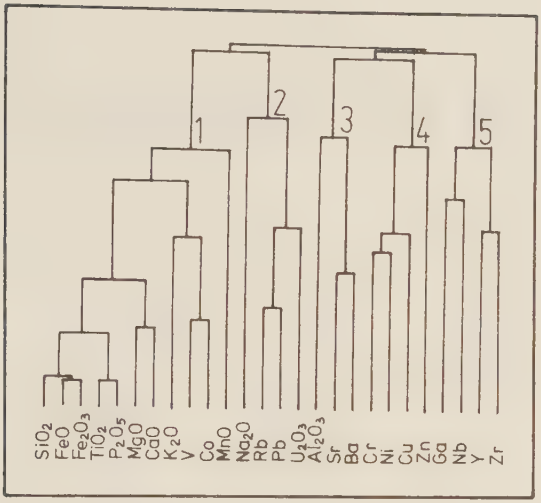


Abb. 5.130: Variablencluster aller Intrusiva
Es bilden sich fünf Großcluster (Similarity von links nach rechts: 30.7, 33.7, 39.3, 46.0, 50.4) aus.
Sie sind nach den einzelnen, sich ähnelnden Elementen aufgegliedert.

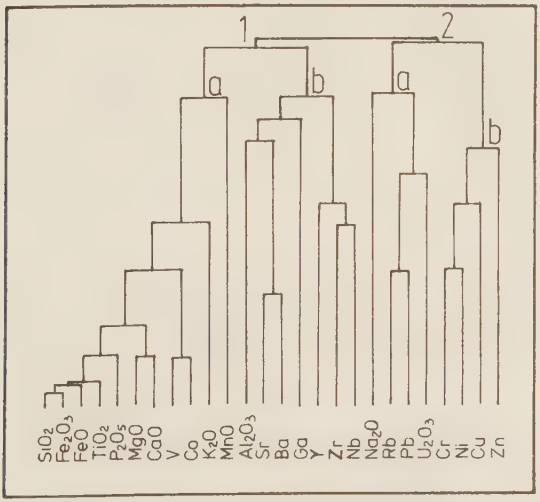


Abb. 5.131: Variablencluster von Sta. Angelica
Zwei Großcluster (Ähnlichkeit: 36.0, 34.1) mit je zwei Untercluster (Similarity: 35.0, 35.9 und 32.2, 44.8) sind erkennbar.

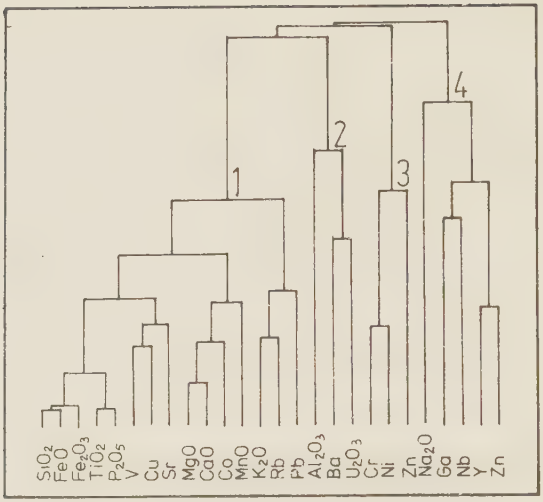


Abb. 5.132: Variablencluster von Castelo
Im Gegensatz zu Sta. Angelica besteht hier mehr ein ungleichwertiger Aufbau aus vier Clustern (Ähnlichkeit: 37.7, 25.0, 36.7, 22.3).

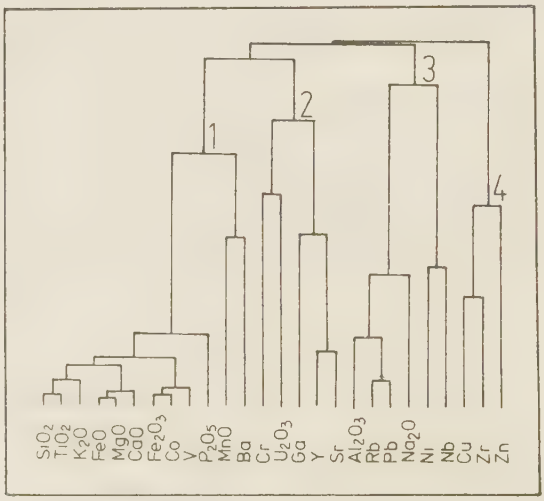


Abb. 5.133: Variablencluster von Venda Nova
Es existieren drei praktisch gleichwertige Cluster (Ähnlichkeit: 51.3, 44.5, 37.6, 56.4).

Tab. 5.27: Clusterhierarchie der drei Intrusionen
1. Cluster: 1; 2.Cluster: 2; 3.Cluster: 3;

Venda Nova	Sta. Angelica	Castelo
123	123	123
SiO2	SiO2	SiO2
Fe2O3	Fe2O3	FeO
V	FeO	Fe2O3
FeO	TiO2	TiO2
MnO	P2O5	P2O5
MgO	MgO	V
Cr	CaO	Cu
Ni	V	Sr
CaO	Co	MgO
Rb	K2O	CaO
K2O	MnO	Co
Co	Al2O3	MnO
Na2O	Sr	K2O
V	Ba	Rb
Zn	Ga	Pb
Zr	Y	Al2O3
Al2O3	Zr	Ba
Ga	Nb	U2O3
Y	Na2O	Cr
TiO2	Rb	Ni
P2O5	Pb	Zn
Sr	U2O3	Na2O
Cu	Cr	Ga
Nb	Ni	Nb
Ba	Cu	Y
Pb	Zn	Zr

Der Aufbau der Cluster des Granit 1, Granit 2 und der Nebengesteine sind sich sehr ähnlich.
Fe, Mg, Ti, P, V und Co bilden jeweils zusammengehörige Cluster zusammen mit Ca. Dies deutet auf ihre Trägerminerale Hornblende, Titanit und Biotit hin.

Der Granit-Granodiorit-Gneis besitzt eine gewisse Ähnlichkeit in der Clusterbildung mit den Nebengesteinen (Ni-Cr, Fe-Ti, Pb-Ba und wechselnd Y und Rb) sowie Verschiebungen in den Clustern (Rb durch Y; Mg-Ca-K durch Mg-Co-K). Diese sind auf Fraktionierung durch Aufschmelzung zurückzuführen).

Tab. 5.28: Die Clusterbildung der sauren Intrusiva und des Nebengesteins
1. Cluster: 1; 2.Cluster: 2; 3.Cluster: 3;

Granit 1			Granit 2			Nebengest.			G-Gd-Gn.		
1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
SiO2			SiO2			SiO2			SiO2		
FeO			FeO			FeO			CaO		
Fe2O3			Fe2O3			Fe2O3			Sr		
MgO			V			TiO2			Na2O		
TiO2			MgO			MnO			Al2O3		
P2O5			TiO2			V			Ga		
Sr			P2O5			Co			Nb		
CaO			Co			MgO			V		
V			CaO			CaO			MgO		
Co			Sr			K2O			Co		
Al2O3			Al2O3			P2O5			K2O		
MnO			MnO			Ga			Rb		
Ga			Y			Sr			Zr		
Nb			Zr			Nb			Y		
Y			Nb			Rb			Pb		
Zr			Ga			Pb			Ba		
Cr			Na2O			Ba			FeO		
Ba			K2O			Al2O3			Fe2O3		
Cu			CaO			Na2O			TiO2		
Ni			Cr			Y			V		
Zn			Ba			Zr			MnO		
Na2O			Rb			Zn			P2O5		
K2O			Pb			Cr			Cr		
Rb			U2O3			Ni			Ni		
Pb			Ni			Cu			Cu		
U2O3			Nb			U2O3			Zn		

Bei den Ergebnissen der einzelnen Gesteinsgruppen (Tab. 5.28, Tab. 5.29) fällt die Ähnlichkeit des Granit 1-Clusters (Abb. 5.134) mit dem Cluster der Nebengesteine (Abb. 5.137) auf.
Granit 2 (Abb. 5.136) zeigt sowohl eine gewisse Verwandtschaft mit dem Nebengestein (Abb. 5.135) wie auch mit dem Granit-Granodiorit-Gneis (Abb. 5.135).

Deutlich unterscheiden sich davon die basischen Gesteine, welche sich untereinander sehr ähnlich sind und eine Entwicklung vom Dioritgabbro (Abb. 5.138) zum Diorit (Mischgestein) (Abb. 5.139) und Syenomonzonit andeuten (Abb. 5.140).

Hier findet sich jeweils Umgruppierung der Elemente von Gesteins- zu Gesteinstyp bei den Clustern.
Die Korrelation zwischen Al und Mg weist auf Hornblende und Biotit hin, Ca mit Zr und Nb auf deren wichtigen Träger Pyroxen.

Fe, Ti und P deuten auf Ilmenit hin und Ba - Pb lassen K-Minerale (Biotit) vermuten.

Beim Diorit (Mischgestein) sind Korrelationen für Hornblende (Mg, Ca) und K-Ca-Mischabscheidungen (Feldspat, Glimmer; K, Ca), Biotit (Al, Fe) und Ilmenit (Ti, P, Fe) zu vermuten. Na, Sr und Ba weisen auf ein Vorkommen in Feldspäten hin (K- und Na-Feldspäte ?).

Beim Syenomonzonit ist durch die Gliederung des Clusters eine differenziertere Aussage möglich.
Hornblende und Biotit werden durch Al, Mg, Ca und Ga dargestellt.
K-Nb und Na-Sr repräsentieren die Feldspäte, Ti und P mit Y den Ilmenit.
Nach der Clusterbildung ist also vom Dioritgabbro zum Diorit und Syenomonzonit eine Fraktionierung und/oder Mischung zu vermuten. Die beiden letzteren dagegen lassen sich nur als gleichwertige Produkte einordnen.

Tab. 5.29: Die Clusterbildung der basischen Intrusiva
1. Cluster: 1; 2.Cluster: 2; 3.Cluster: 3;

Dioritgabbro			Mischgestein			Syenomonzonit		
1	2	3	1	2	3	1	2	3
SiO_2			SiO_2			SiO_2		
U_2O_3			MgO			Cu		
V			CaO			Cr		
MnO			K_2O			Ni		
Al_2O_3			MnO			TiO_2		
MgO			Y			P_2O_5		
Cr			Al_2O_3			Y		
Ni			FeO			Zn		
K_2O			Fe_2O_3			Zr		
Y			TiO_2			Al_2O_3		
Co			P_2O_5			MgO		
Fe_2O_3			Cr			CaO		
TiO_2			Ni			Ga		
P_2O_5			Cu			Rb		
Zn			Na_2O			Pb		
Ga			Sr			K_2O		
Rb			Ba			Nb		
Cu			V			Co		
CaO			Co			Sr		
Zr			Zn			Ba		
Nb			Rb			Na_2O		
FeO			Pb			FeO		
Na_2O			U_2O_3			MnO		
Sr			Ga			Fe_2O_3		
Ba			Zr			V		
Pb			Nb			U_2O_3		

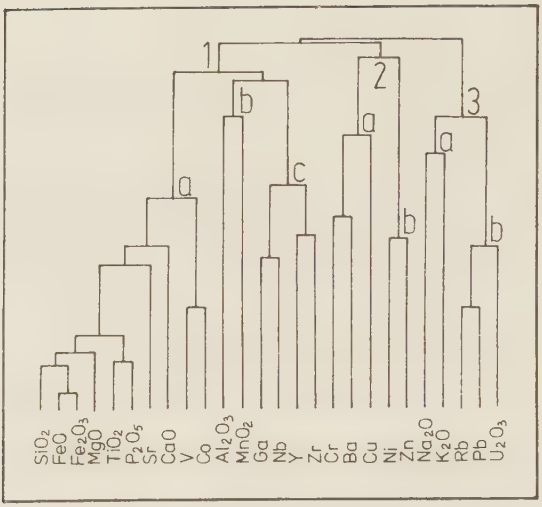


Abb. 5.134: Variablencluster der Granit 1-Proben
Drei Hauptcluster (Ähnlichkeit: 8.7, 4.9, 21.2) gliedern sich in mehrere mit Mineralgruppen vergleichbare Untercluster (Similarity: 43.0, 20.5, 39.3, 26.2, 54.0, 31.5, 56.3).

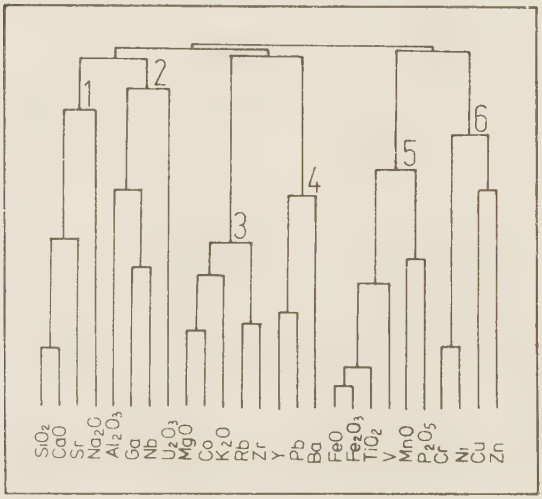


Abb. 5.135: Variablencluster des Granit-Granodiorit-Gneises
Auffällig sind drei etwa gleichwertige Cluster. Die sich jeweils in zwei mit Mineralen vergleichbare Cluster aufspalten (Ähnlichkeit: 29.2, 12.5; 55.9, 41.1; 35.2, 26.2).

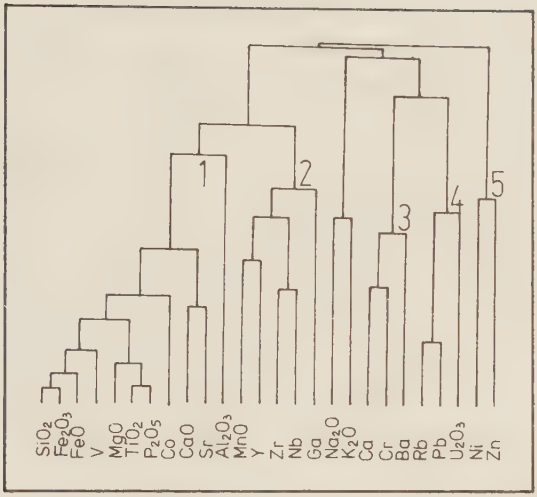


Abb. 5.136: Variablencluster des Granit 2
Der Aufbau ähnelt dem Cluster vom Granit 1.
(Ähnlichkeit: 31.0, 37.9, 48.0, 46.4, 42)

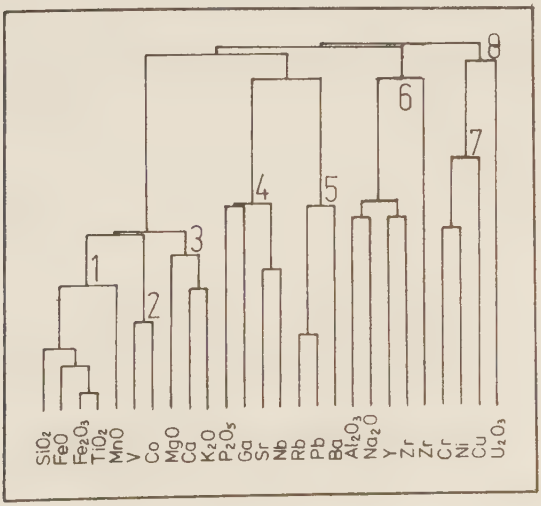


Abb. 5.137: Variablencluster der Nebengesteine
Das Cluster zeigt in der Struktur sowohl Ähnlichkeiten zum Granit 1 (der stärker gewichtete linke Bereich) und zu den Nebengesteinen (Dreigliederung).
(Ähnlichkeiten: 66.6, 75.9, 58.4, 45.0, 48.1, 9.9, 31.6, 5.2)

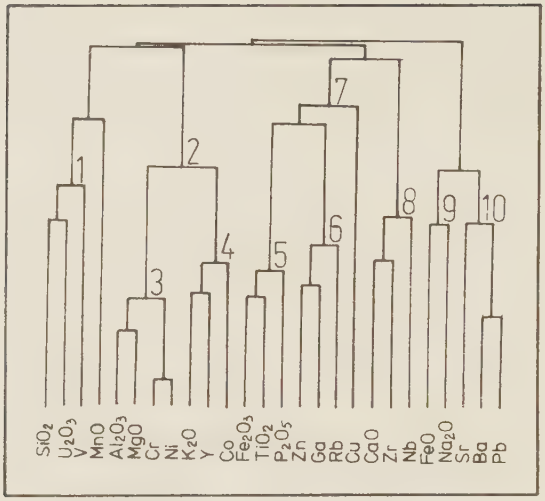


Abb. 5.138: Variablencluster des Dioritgabbros
Der hierarchische Aufbau unterscheidet sich deutlich von dem der sauren Gesteine. Es treten mehrere kleine, hochkorrelierte Cluster auf.
(Ähnlichkeit: 39.9, 21.4, 71.4, 60.9, 62.9, 56.1, 18.5, 48.3, 50.8, 49.5)

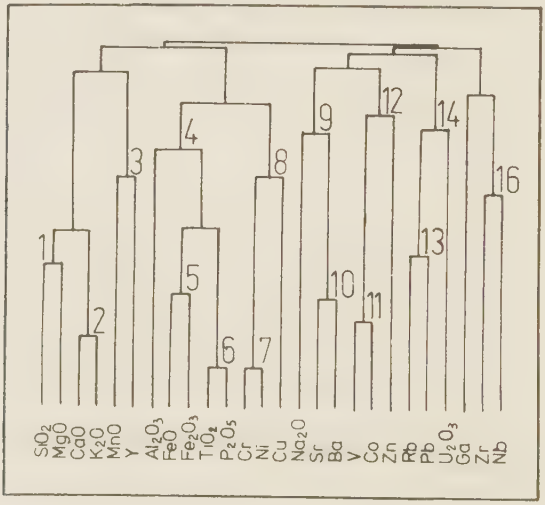


Abb. 5.139: Variablencluster der Diorit (Mischgesteins)-Proben
Für den Diorit ist der Aufbau ähnlich, nur durch Fraktionierung und oder/Mischung bedingte Elementumgruppierungen sind zu sehen.
(Ähnlichkeiten: 61.1, 80.7, 37.0, 17.1, 68.5, 88.5, 89.6, 37.7, 24.5,70.4, 75.8, 19.8, 58.3, 24.3, 14.8, 40.8)

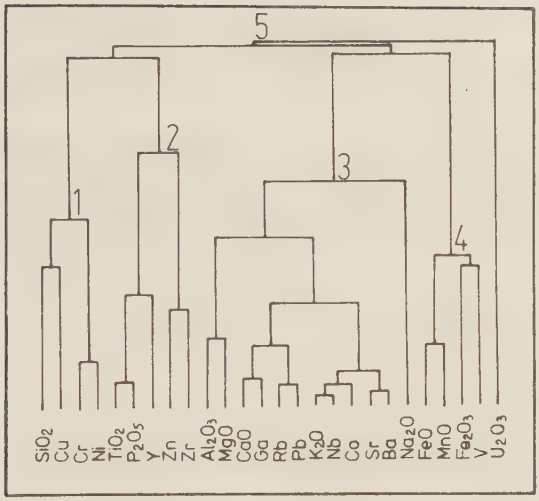


Abb. 5.140: Variablencluster des Syenomonzonits
Dieses Cluster gleicht dem Cluster des Dioritgabbros und besitzt höher korrelierte Einzelcluster als der Diorit.
Die Wichtigkeit des Kalifeldspats, des Biotits und der Hornblende für den Gesteinsaufbau ist aus den Elementen und den modalen Gehalten zu sehen.
(Ähnlichkeiten: 48.3, 30.4, 38.0, 58.8, 0.0)

5.4.4.2. Fällecluster

Es wird hier ein von RICKWOOD (1983) vorgeschlagenes Verfahren verwendet, bei dem die ähnlichsten Proben nebeneinander liegen.
Aufgrund von Speicherplatzproblemen mußten die Proben von Sta. Angelica in drei Gruppen aufgeteilt werden:
1. Gruppe A: SiO_2 größer 65% (Abb. 5.143, 5.146)
2. Gruppe B: SiO_2 kleiner 60% (Abb. 5.141, 5.144)
3. Gruppe C. SiO_2 zwischen 55% und 65% (Abb. 5.142, 5.145)
Für Castelo und Venda Nova war wegen der geringeren Probenzahlen eine solche Unterteilung nicht nötig (Abb. 5.147 bis 5.150).

Von allen Intrusionen wurden sowohl Cluster der Haupt- und Neben- sowie der Spurenelementkorrelationen angefertigt. Die Verteilung der Proben stimmt in beiden Clustertypen im wesentlichen Überein.

Die sauren Intrusivgesteine lassen sich gut von den basischen abtrennen, lediglich treten zwischen "Hauptelementclustern" und "Spurenelementclustern" größere Unterschiede in der Verteilung der Proben aus dem Übergangsbereich Diorit-Granit auf.

Die Syenomonzonitproben bilden Cluster mit den Dioritgabbroproben.

Der Granit-Granodiorit-Gneis liegt eng mit dem Granit 1 und den migmatischen Gesteinen des Randes zusammen.
Der Granit 2 bildet vorwiegend Cluster mit dem Granit-Granodiorit-Gneis.

Die Cluster von Sta. Angelica zeigen eine Entwicklung (Fraktionierung/Mischung) in mehreren parallelen Trends.
Bei den Gesteinen mit weniger als 60% SiO_2 läßt sich der Dioritgabbro in den Diorit überleiten. Bei den Dioritproben bestehen mehrere gleichwertige Cluster nebeneinander.

Die Granitproben sind mit den Nebengesteinen (Gneis- und Migmatitproben) gemischt, besonders bei Granit 1 und Granit-Granodiorit-Gneis.

Bei Castelo und Venda Nova bilden die Diorit- und Gabbro-Proben ebenfalls zusammenhängende Blöcke.
Auch hier liegen die Granit und Granit-Granodiorit-Gneis-Proben in der Nähe der Nebengesteins-Punkte.
Zusätzlich korreliert in Venda Nova der Syenomonzonit gut mit dem Gabbro und dem Diorit.

Um die Verteilung der Proben und die Entwicklung der Intrusionen deutlicher darzustellen, wurden die verwendeten Profilproben (siehe Profile; Abb. 5.92 bis 5.99) gekennzeichnet und in der Reihenfolge ihrer Profillage verbunden.

Es zeigt sich eine ähnliche Verteilung wie in den Elementverteilungen der Profile durch die Intrusionen.
Dies scheint eine Mehrphasigkeit des Intrusionsvorganges bei genereller Zunahme der Basizität zum Zentrum hin zu bestätigen.

Wegen der komplexen geologischen Verhältnisse (mehrere zeitlich eng aufeinanderfolgende Magmenschübe annähernd gleicher chemischer Zusammensetzung; parallel verlaufende Fraktionierungen, Kontaminationen) und Bedingungen der Probennahme ist es äußerst schwierig, mit der Fällecluster-analyse gute Ergebnisse zu erzielen.

Die basischen Gesteine zeigen gewöhnlich keine so deutliche, homogene Korrelation wie die granitischen Gesteine.
Mehrere Cluster $\pm$ gleicher Distanzniveaus (etwa 1) sind zu bemerken.

Neben den Spezialprofilen wurden auch noch alle Proben nach regionalen Gesichtspunkten getrennt angetragen. Die Gliederung erfolgte nach einer vereinfachten Unterteilung im Profil von Sta. Angelica (Abb. 5.92) und ist in Abb. 5.58 flächig zu sehen.
Unterschieden wurde ein Zentralbereich (I), ein Randbereich (III) und ein dazwischen liegender Mischgesteinsbereich (II) sowie Gesteine des Granit 2-Bereichs (IV) und der Granit-Granodiorit-Gneis (V).
Es zeigte sich, daß in allen Abschnitten die Reihe mit basischen Gliedern beginnt (Dioritgabbro; Diorit) und sich bis zu Diorit/Granodiorit (Mischgesteine) entwickelt.

Die Wertebereiche der Gruppen überschneiden sich.
Die Entwicklungswege enden in allen Diagrammen in ein bis drei größeren Clustern, welche die höchste Fraktionierungsstufe kennzeichnen.

Die bei unterschiedlichen Distanzniveaus auftretenden Dioritgabbro-Proben deuten auf die Beteiligung von schon primär unterschiedlich zusammengesetzten Magmafraktionen hin.

Bei den Clustern von Sta. Angelica mit SiO_2 von 55%-65% sind sowohl Diorit- als auch Granit 1-Proben eng korreliert (rechtes Cluster; Abb. 5.143). Dies kann unter Berücksichtigung der petrographischen und chemischen Ergebnisse als ein Hinweis auf Magmenmischung gelten.

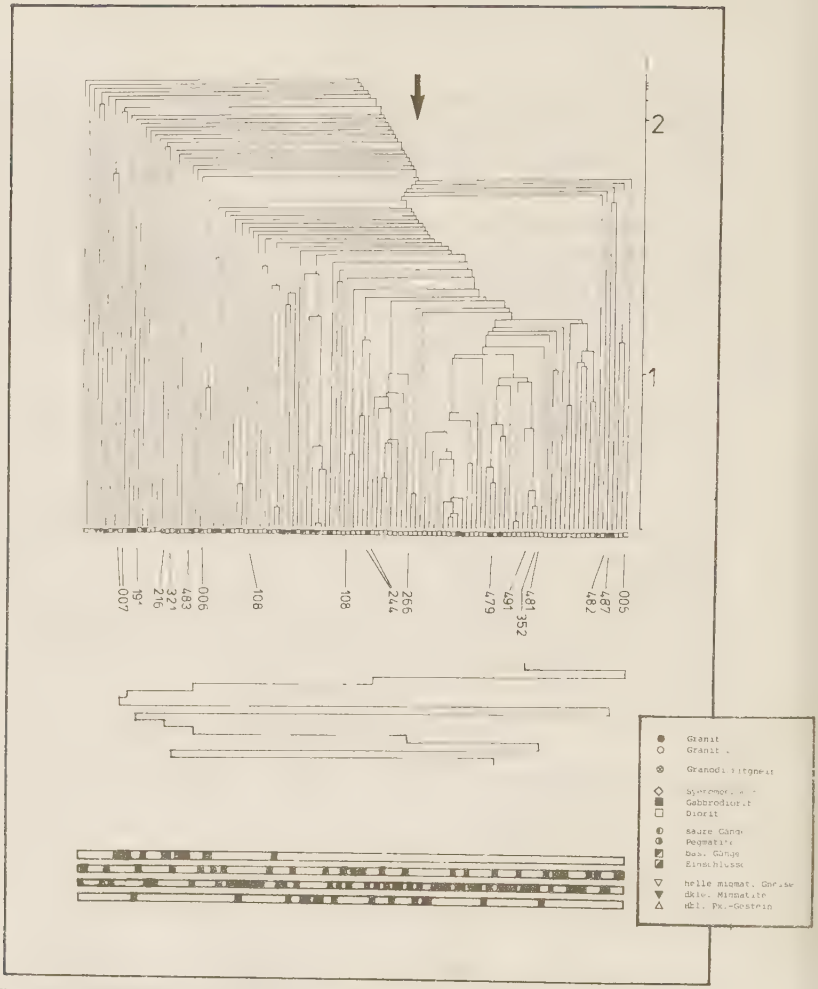


Abb. 5.141: Spurenelement-Fällecluster der Intrusion von Sta. Angelica
Die Profilproben sind nummeriert und in einem Diagramm getrennt nach basischen und sauren Gesteinen dargestellt.
SiO_2-Gehalt kleiner 60%
Zwei gleichwertige Cluster der basischen Gesteine bilden den rechten Teil des Dendrogramms.
Die gleichmäßig über den ganzen Bereich verteilten Dioritgabbroproben weisen auf eventuell mehrere "Zuflüsse" unterschiedlich fraktionierten Magmas hin.
Der Pfeil zeigt einen aus der Probenzusammensetzung entwickelten Trend an.

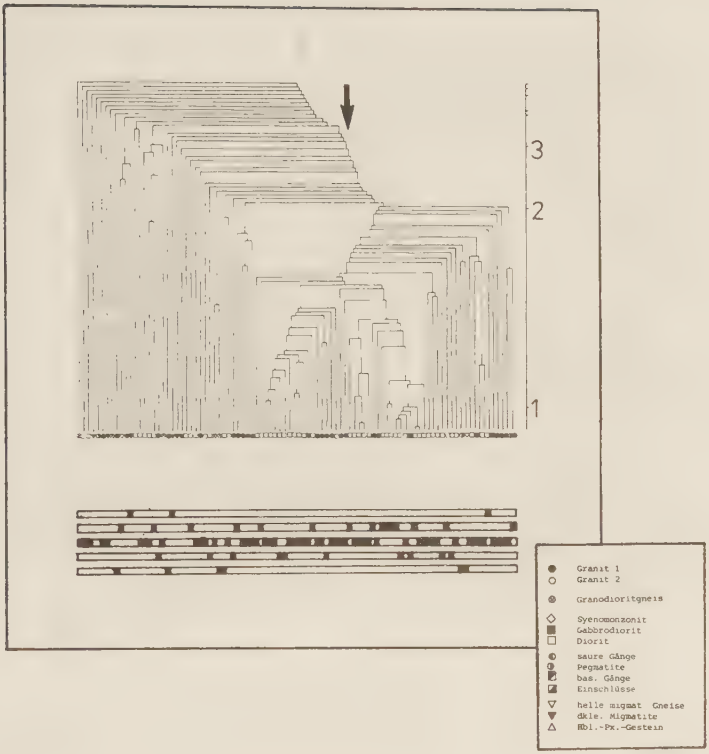


Abb. 5.142: Spurenelement-Fällecluster der Intrusion von Sta. Angelica
Die Profilproben sind nummeriert und in einem Diagramm getrennt nach basischen und sauren Gesteinen dargestellt.
SiO_2-Gehalt 55%-65%
Auch hier sind die beiden Diorit-Cluster in der Bildmitte zu sehen.
Bis zu deren Vereinigung scheint eine parallele Fraktionierung stattzufinden.
Der Pfeil zeigt die aus der Probenzusammensetzung abgeleitete Entwicklung zu saureren Bereichen hin an.

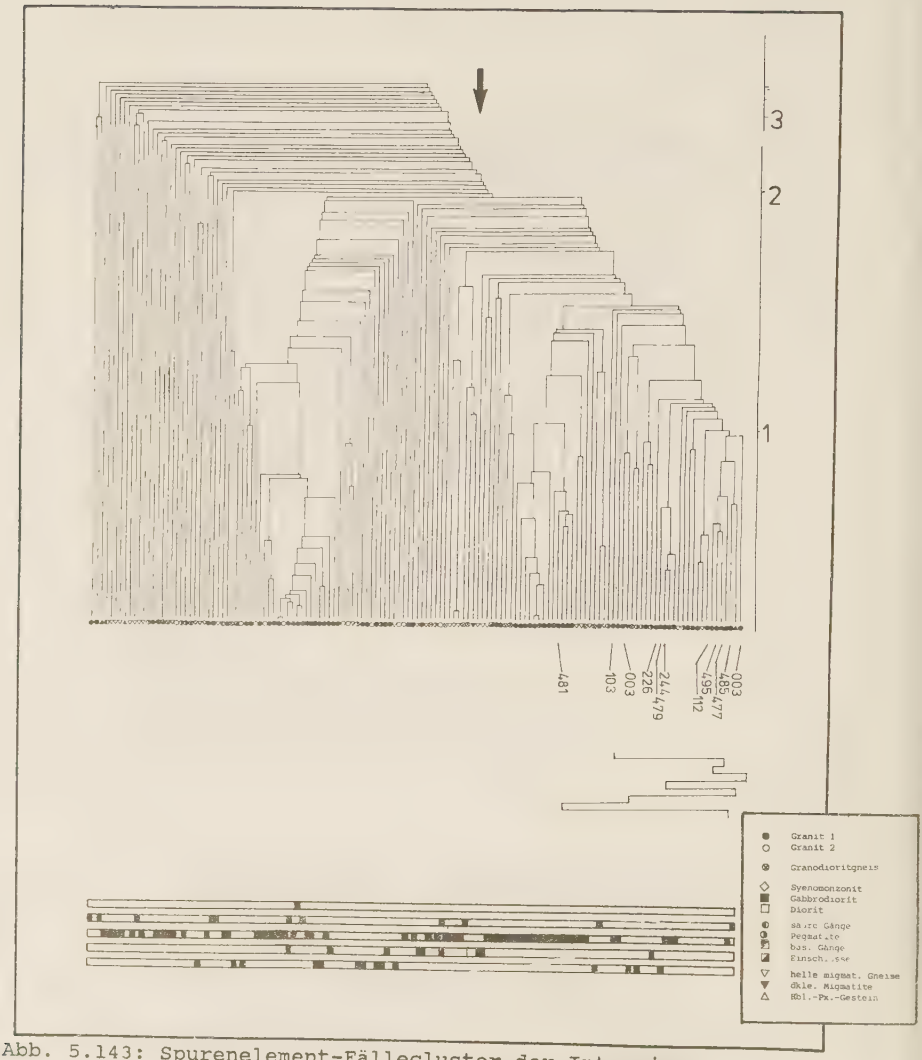


Abb. 5.143: Spurenelement-Fällecluster der Intrusion von Sta. Angelica
Die Profilproben sind nummeriert und in einem Diagramm getrennt nach basischen und sauren Gesteinen dargestellt.
SiO2-Gehalt größer 65%
Auffällig sind die in alle Cluster eingeschalteten Nebengesteinsproben.
Es existieren mehrere unabhängige, gleichwertige Cluster.
Der Pfeil zeigt die aus der Probenzusammensetzung abgeleitete Entwicklung zu saureren Bereichen hin an.

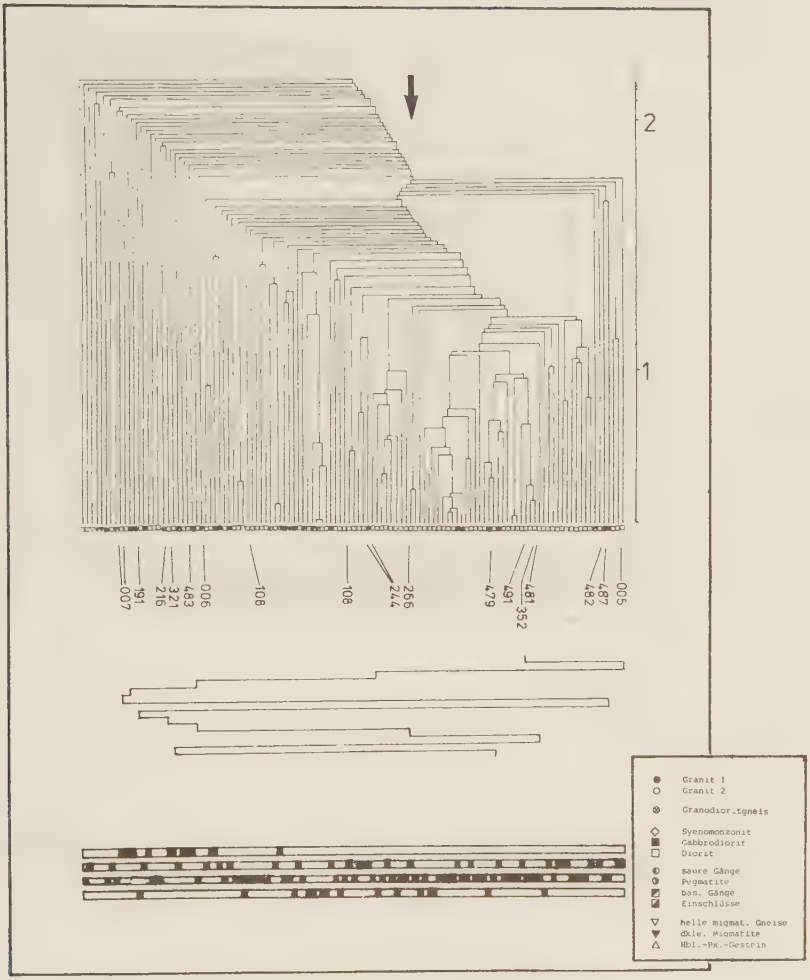


Abb. 5.144: Hauptelement-Fällecluster der Intrusion von Sta. Angelica
Hier sind ebenfalls die Profilproben nummeriert und zusammenhängend dargestellt.
SiO_2-Gehalt kleiner 60%
Auch in dieser Darstellung sind die Dioritgabbro-Proben auf alle Cluster verteilt. Die Dioritgruppen bilden mehrere Cluster.
Der Pfeil zeigt die aus der Probenzusammensetzung abgeleitete Entwicklung zu saureren Bereichen hin an.

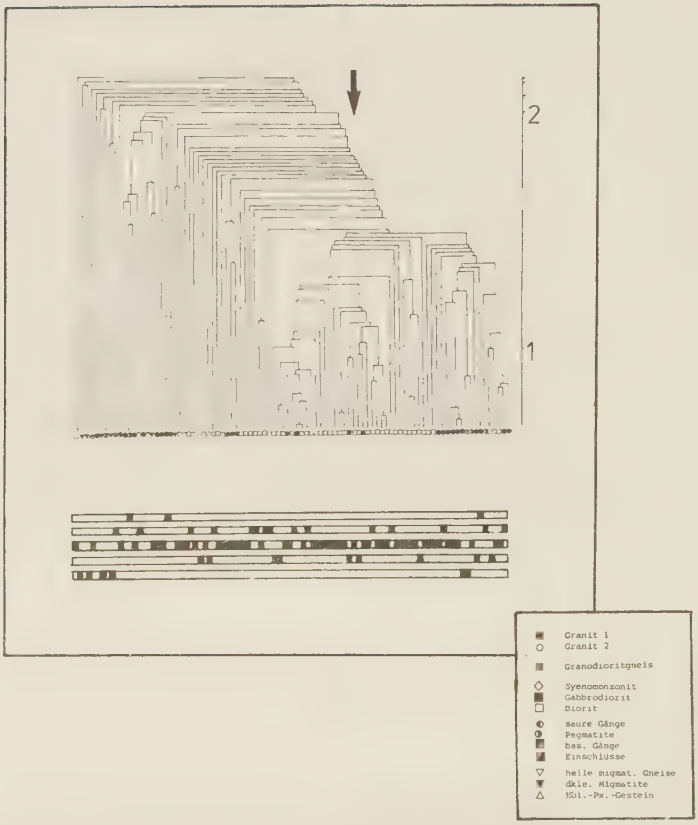


Abb. 5.145: Hauptelement-Fällecluster der Intrusion von Sta. Angelica
Hier sind ebenfalls die Profilproben nummeriert und zusammenhängend dargestellt.
SiO2-Gehalt zwischen 55% und 65%
Das Dendrogramm ähnelt dem der Spurenelemente, zeigt jedoch eine striktere Trennung zwischen Granit 1 und Diorit.
Der Pfeil zeigt die aus der Probenzusammensetzung abgeleitete Entwicklung zu saureren Bereichen hin an.

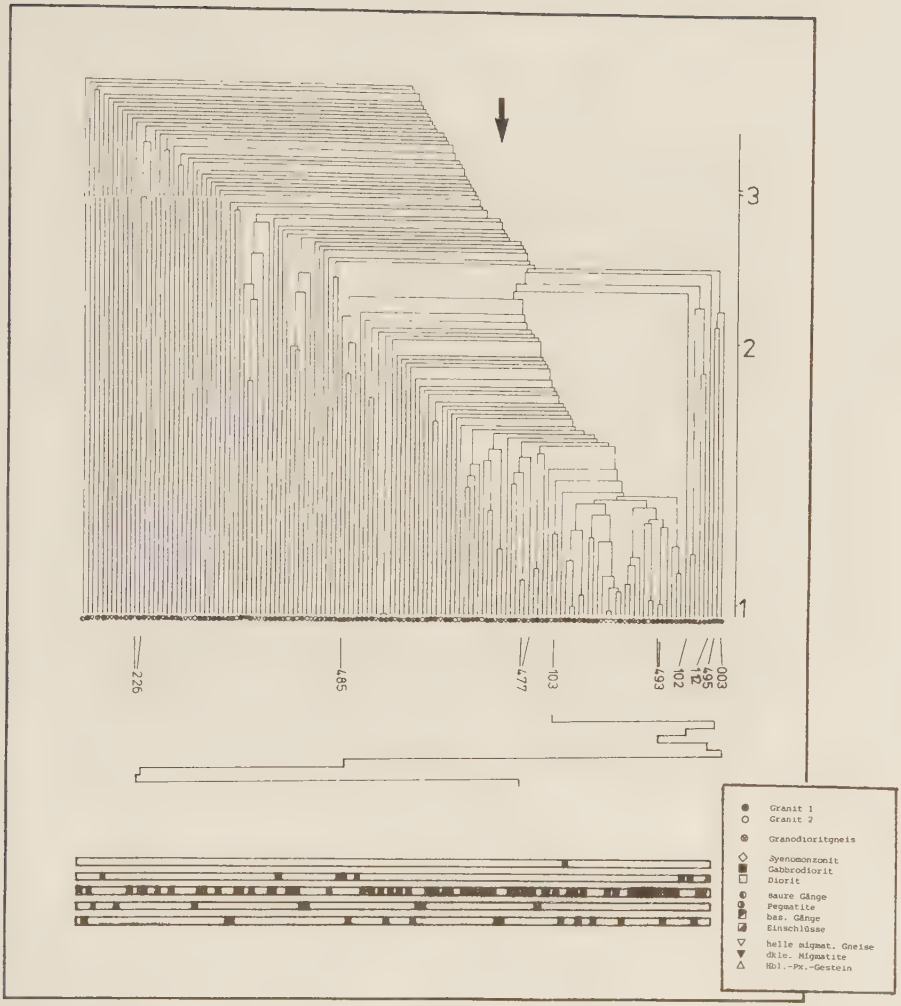


Abb. 5.146: Hauptelement-Fällecluster der Intrusion von Sta. Angelica
Hier sind ebenfalls die Profilproben nummeriert und zusammenhängend dargestellt.
SiO_2-Gehalt größer 65%
Auch hier in der rechten Hälfte keine großen Unterschiede zum Spurenelement-Dendrogramm.
Eine höhere Ähnlichkeit kennzeichnet das Dendrogramm (der Zusammenschluß zu den Clustern ist eher beendet).
Der Pfeil zeigt die aus der Probenzusammensetzung abgeleitete Entwicklung zu saureren Bereichen hin an.

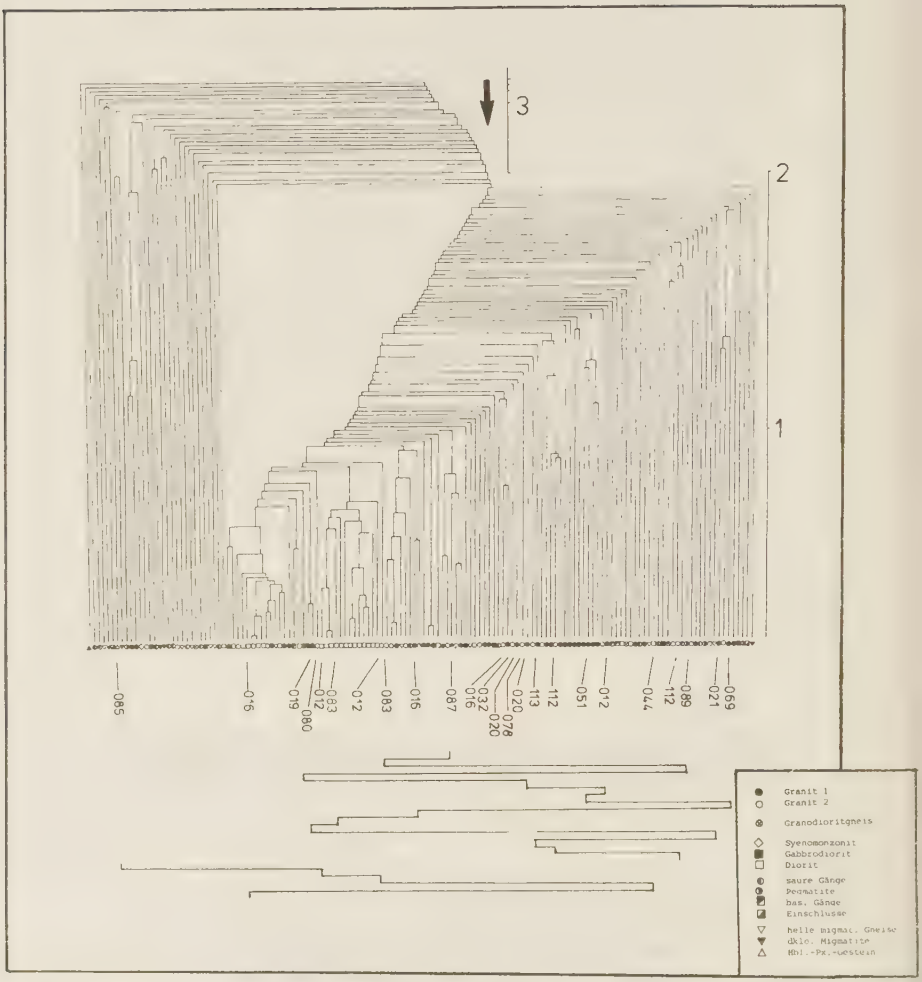


Abb. 5.147: Spurenelement-Fällecluster der Gesteine von Castelo
Die Diorit-Proben liegen dicht zusammen in zwei getrennten Clustern. Die Granite verteilen sich (mit den Nebengesteinen) über einen weiten Bereich.
Der Pfeil zeigt die aus der Probenzusammensetzung abgeleitete Entwicklung zu saureren Bereichen hin an.

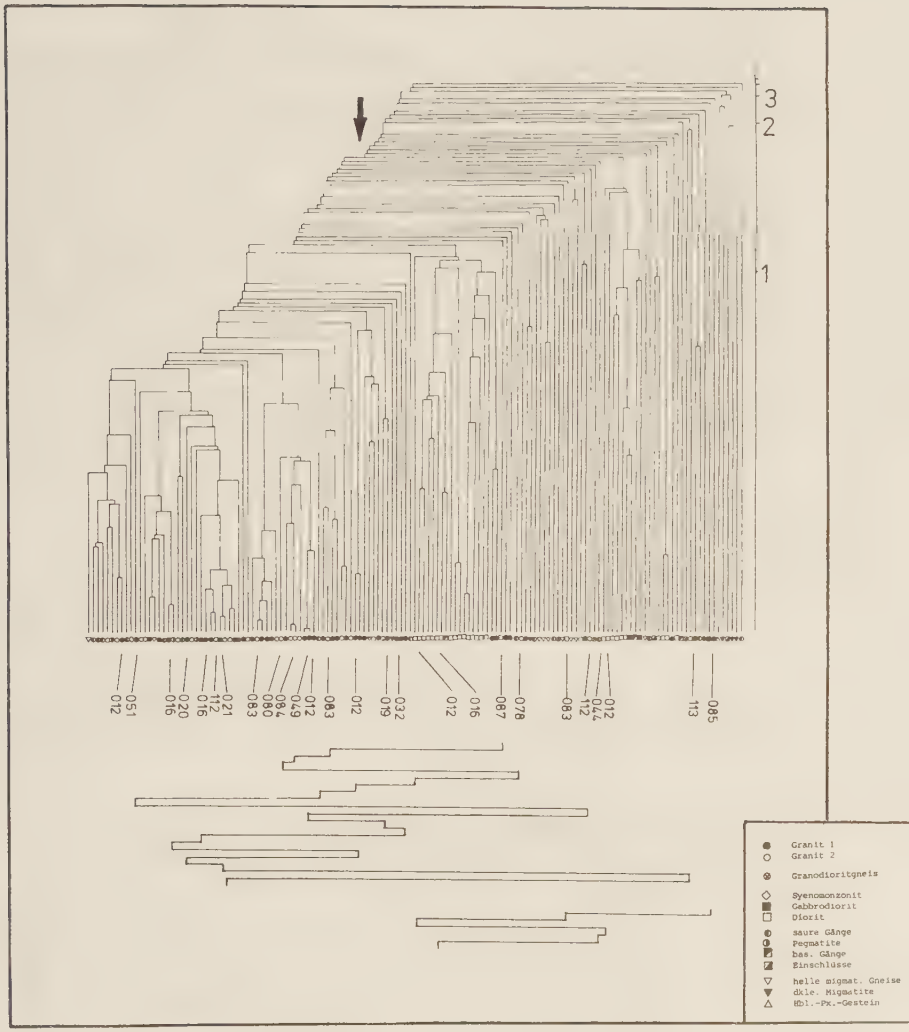


Abb. 5.148: Hauptelement-Fällecluster der Gesteine von Castelo
Auch hier sind die Diorite eng gruppiert, während die Granite viele kleinere und größere Subcluster bilden.
Der Pfeil zeigt die aus der Probenzusammensetzung abgeleitete Entwicklung zu saureren Bereichen hin an.

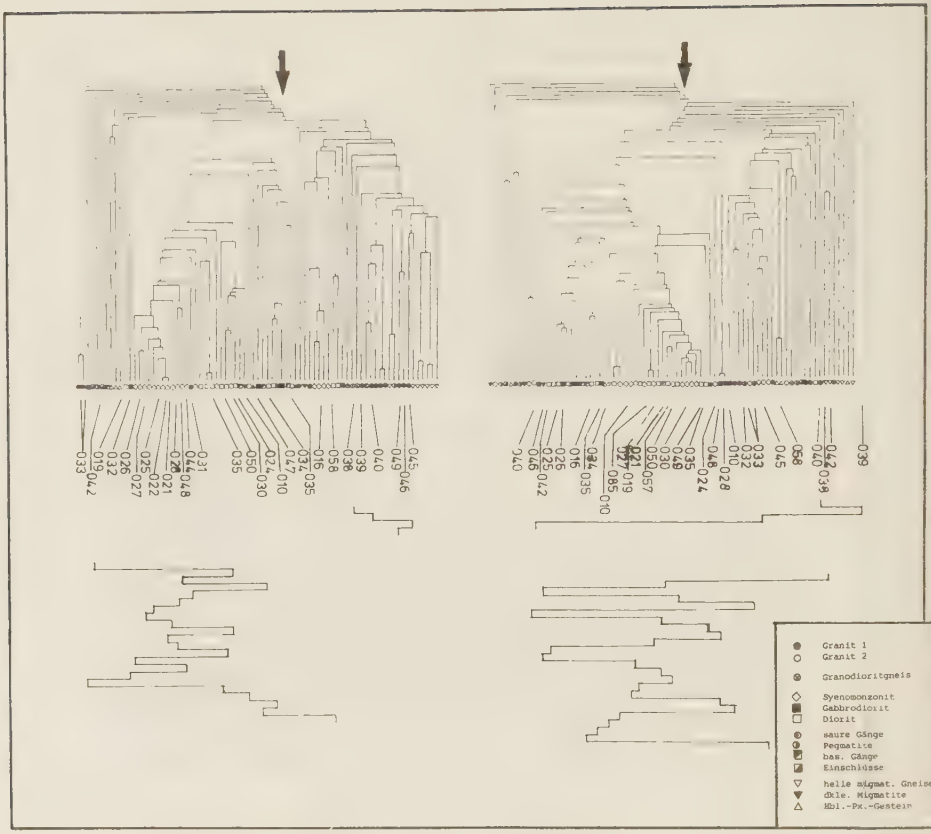


Abb. 5.149: Hauptelement-Fällecluster der Intrusivgesteine von Venda Nova
Alle Profilproben sind eingetragen und nach basischen und sauren Gesteinen getrennt dargestellt.
Ausgehend von den Dioritgabbro-Proben, teilt sich das Dendrogramm bei größerer Ähnlichkeit in einen gleichwertigen Zweig für Syenite und Diorite auf.
Der Pfeil zeigt die aus der Probenzusammensetzung abgeleitete Entwicklung zu saureren Bereichen hin an.

Abb. 5.150: Spurenelement-Fällecluster der Proben von Venda Nova
Die Syenomonzonit-Proben bilden eine Reihe (Fraktionierung ?). Die Dioritgabbro- sind mit den Diorit-Proben zusammen verteilt.
Der Pfeil zeigt die aus der Probenzusammensetzung abgeleitete Entwicklung zu saureren Bereichen hin an.

5.4.5. Zusammenfassung der statistischen Ergebnisse

Die statistischen Ergebnisse lassen sich nur sinnvoll interpretieren, wenn die petrographischen (SCHMIDT-THOME 1987) und die geochemischen Ergebnisse bei der Auswerung berücksichtigt werden.

Die Histogramm-Verteilungen der Hauptelemente (Abb. 5.110 bis 5.115) weisen auf die große Ähnlichkeit der Granite sowohl untereinander wie zum Nebengestein und zum Granit-Granodiorit-Gneis hin.

Der Granit 2 ist etwas weniger fraktioniert als der Granit 1 (niedrigere mittlere SiO_2-, MgO-, Na_2O-Gehalte; höhere mittlere K_2O-, CaO-, MnO-, P_2O_5-, FeO- und Gesamtalkaliengehalte).

Die an die Intrusionen angrenzenden Migmatite und migmatischen Gneise gleichen in ihrer Zusammensetzung und ihren Histogrammverteilungen dem Granit-Granodiorit-Gneis.
Die Maxima liegen an etwa gleichen Punkten, wobei nur die Standardabweichung beim Granit-Granodiorit-Gneis geringer ist.

Die basischen Gesteine zeigen in allen Diagrammen eine Entwicklung der Elementgehalte, die durch Fraktionierung und/oder Kontamination verursacht wird.

Vom Dioritgabbro zum Syenomonzonit:
zunehmend: SiO_2; Al_2O_3; K_2O; Gesamtalkalien
abnehmend: Fetot; MgO; MnO; CaO; TiO_2; P_2O_5; FeO; GV
Die Na_2O-Gehalte verteilen sich gleichmäßig über alle drei Gesteinstypen, wobei sich die Lage der Mittelwerte überdeckt.

Im SiO_2-Histogramm ist deutlich eine trimodale Verteilung bei den Graniten und den basischen Gesteinen zu erkennen. Diese ist sowohl in der Na_2O-, wie auch in der Gesamteisen-Verteilung deutlich und kann entweder durch Fraktionierung, Mischung und/oder durch Förderung primär unterschiedlicher Schmelzen erklärt werden.

Die Ganggesteins-Proben verteilen sich über das gesamte Spektrum mit mehreren Maxima im sauren (76, 72-68% SiO_2) und basischen Bereich (50-55% SiO_2).

Die D.I.- und normative Plagioklas-Verteilungen der Intrusivgesteine sind bis auf Sta. Angelica monomodal und weisen D.I.-Werte zwischen 50 und 80 auf.
Sta. Angelica (eventuell Castelo) besitzt wegen der zwei Magmenfamilien (juvenile basische; anatektische granitische) zwei Maxima (Abb. 5.116).

Die D.I.-Verteilung (ebenso normativer Plagioklas) deutet nach MARTIN et al. (1972) auf kompressionales Milieu hin, da im Vergleich zu kompressionalen (Abb. 5.116a) und extensionalen Serien (Abb. 5.116b) die Ähnlichkeit zu ersteren deutlich erkennbar ist.

Bei der Diskriminanzanalyse ergeben sich aus den Diagrammen folgende Aussagen:
Beim Vergleich aller Intrusivgesteine (Abb. 5.118) ergibt sich vom Dioritgabbro zum Syenomonzonit unter Berücksichtigung der chemischen Ergebnisse ein Trend zu höherem Alkaligehalt, bedingt durch Fraktionierung oder Assimilation von Nebengestein (siehe auch Abb. 5.116).

Erkennbar ist die große Ähnlichkeit der Granite (Abb. 5.116, Abb.5.119). Sie unterscheiden sich durch höhere K_2O-, Sr- und SiO_2-Gehalte vom Granit-Granodiorit-Gneis.
Im Diagramm der sauren Intrusiva ist ebenfalls zu sehen, daß eine Trennung nur sehr unbefriedigend möglich ist (Abb. 5.119).

Bei den wenig fraktionierten Magmatiten ist eine deutliche Entwicklung von basischen zu intermediären Gesteinen zu erkennen. Dadurch überlappen sich beide Gesteinsverteilungen. Die Probengliederung stimmt gut mit der Aufteilung der Gesteine in der Intrusion überein und spiegelt Fraktionierung und/oder Kontamination (Mischung) wider.

Die untersuchten Granit-Granodiorit-Gneis-Proben (Abb. 5.123) aus der Umgebung der Intrusion von Venda Nova sind saurer und höher fraktioniert (Aufschmelzungsgrad?, Ausgangsgestein ?) als die bei Sta. Angelica und Castelo.
Diese Verteilung ist gegenläufig zum Verhalten der anderen Intrusiva.
Die Granit 1- (Abb. 5.124) und Granit 2-Proben (Abb. 5.125) sind schlecht gegeneinander abzugrenzen. Sie unterscheiden sich aber deutlich von den syenomonzonitischen Gesteinen aus Venda Nova.
Deutlich zeigt sich auch die unterschiedliche Basizität (Fraktionierungsgrad, Kontamination) bei den basischen Proben. Eine Entwicklung von Venda Nova über Sta. Angelica und Castelo ist zu erkennen (Abb. 5.127).

Die basischen Anteile der Nebengesteine (Abb. 5.129) der Intrusionen von Sta. Angelica und Castelo sind sich sehr ähnlich und besitzen geringere Anteile an mafischen Elementen als die Gesteine bei Venda Nova.

Die sauren Nebengesteine (Abb. 5.128; Leukosome, helle migmatische Gneise) zeigen ein anderes Verhalten. Die Gesteine bei Castelo und Venda Nova sind sich ähnlich und diejenigen bei Sta. Angelica gleichen den Proben nördlich der Intrusion.

Letztere zwei Gruppen sind durch einen höheren SiO_2-Gehalt gekennzeichnet.

Die Faktorenanalyse (Kapitel 5.4.3.) und die Clusteranalyse nach Variablen (Kapitel 5.4.4.) geben Hinweise auf die Entwicklung der Gesteinstypen durch Fraktionierung und Mischung.
Die Faktorenanalyse bestätigt aus den geochemischen Daten die Modalanalyse (SCHMIDT-THOME 1987 in Vorb.):

- Die bestimmende Feldspatkomponente beim Granit 1 ist Kalifeldspat und beim Granit 2 Plagioklas.
- Hohe Korrelation zwischen Zr und Nb beim Granit 2 weist auf Titanit als Hauptträger beider Elemente hin (vergleiche Petrographie).
- Die modale Änderung vom Dioritgabbro zum Diorit und Syenomonzonit zeigt sich in einer Änderung der Faktorenladung der einzelnen Elemente.
- Beim Syenomonzonit zeigt sich der wichtige Anteil der Amphibole an der Gesamtzusammensetzung.
- Bei den Proben des Granit-Granodiorit-Gneises fällt bei der Verteilung die Ähnlichkeit zu den Nebengesteinen auf (Ladung von Biotit-, Hornblende- und Plagioklasfaktoren).

Diese Beobachtungen lassen sich (unter Benutzung petrographischer und geochemischer Ergebnisse) mit der Variablen-Cluster-Analyse erkennen (Abb. 5.130-5.140).
Eine Struktur aus vier $\pm$ gleich ähnlichen Einzelclustern (Venda Nova (Abb. 5.133) wandelt sich in eine Anordnung aus mehreren unähnlicheren Clustern um (Abb. 5.132).

Die Korrelation einzelner Elemente (Hauptelemente, Spuren) verschiebt sich zu den für höher differenzierte Gesteine typischen Elementpaaren.

Bei Untersuchungen der einzelnen Gesteinsgruppen aller Intrusionen (Abb. 5.134 bis 5.140) fällt die große Ähnlichkeit zwischen Granit 1 (Abb. 5.134), Granit 2 (Abb. 5.136) und den Nebengesteinen (Abb. 5.137) sowohl im Clusteraufbau wie auch in der Variablenkorrelation auf.

Der Granit-Granodiorit-Gneis (Abb. 5.135) und die Nebengesteine besitzen ebenfalls eine gewisse Ähnlichkeit in der Paarbildung (z. B.: Cr-Ni, Pb-Ba) aber auch in der Clusterstruktur.
Es kann daraus alleine jedoch nicht auf genetische Zusammenhänge geschlossen werden.

Bei den basischeren Gesteinen (Dioritgabbro, Abb. 5.138; Diorit/Mischgestein, Abb. 5.139; Syenomonzonit, Abb. 5.140) läßt sich eine Entwicklung vom Dioritgabbro zu Diorit und Syenomonzonit erkennen.

Die Verteilung in den Dendrogrammen untermauert Hinweise aus den petrographischen und geochemischen Ergebnissen, nach denen Syenomonzonit und Diorit (Mischgestein) nicht auseinander hervorgegangen sind.

Unterschiede bestehen in Grad und Art der Differentiation (Hornblende; Plagioklas) und Kontamination sowie möglicherweise im Ausgangsgestein (Alkaligehalt; siehe auch QAP-Dreieck BAYER et al. 1986).

Ebenso wie aus den anderen Ergebnissen (Petrographie, Geochemie) ist aus den Fällecluster-Analysen (Abb. 5.141 bis Abb. 5.150) die sukzessive Entwicklung (Fraktionierung/Kontamination) der basischen Gesteinsfamilie zu erkennen (Pfeil).

Die granitischen Gesteine (Granit 1; Granit 2) bilden eher mehrere unterschiedliche Gruppen.
Dies kann unterschiedliche Zusammensetzung des Ausgangsgesteins, variierende Fraktionierung oder Anatexis wie auch Kontamination bzw. Mischung dokumentieren.

In allen Dendrogrammen wird die enge Verwandtschaft zwischen Granit 1, Granit 2 und den Nebengesteinen, einzelner Proben des Granit-Granodiorit-Gneises mit Nebengesteinsproben sowie zwischen Granit 2 und dem Granit-Granodiorit-Gneis deutlich.

Die Proben des Syenomonzonites liegen im Diagramm der Intrusion von Venda Nova zusammen mit den Diorit-Proben (Abb. 5.149 bis 5.150).

Die angetragenen Profilpunkte (getrennt nach saurer und basischer Familie) bestätigen die Verteilung in den Profilen (Sta. Angelica; Abb. 5.92 bis 5.936).
Ein mehrphasiges Auftreten spiegelt ebenfalls die Verteilung der granitischen und basischen Proben in den unterschiedenen Bereichen (Abb. 5.141 bis 5.146) wider.

In allen drei Bereichen sind vom Dioritgabbro bis zum Granodiorit alle Gesteine anzutreffen. In den Dendrogrammen überschneiden sich die Ähnlichkeitsbereiche ebenfalls.

Für die granitischen Proben (in den Profilen durch Sta. Angelica) kann keine solche Verteilung von innen nach außen nachgewiesen werden. Es läßt sich jedoch ein gewisser Zusammenhang zwischen SiO_2-Gehalt, D.I.-Wert und geographischer Höhenlage der Probe erkennen, was auf vertikale Veränderung des Fraktionierungs-/Kontaminationsgrades schließen läßt.

6. Diskussion und Entwicklung eines Genesemodells

Aus den Kapiteln 2.1.3 (Complexo Alegre), 5.2 (Granit-Granodiorit-Gneis), 5.3 (Intrusionsgesteine) und 5.4 (Statistische Auswertung) wurden nachfolgend beschriebene Rückschlüsse gezogen und ein Genesemodell erarbeitet.

Das bearbeitete Gebiet liegt im Ribeira-Mobile-Belt, im südlichen Espirito Santo, Brasilien.
Die dort anstehenden präkambrischen Gesteine sind überwiegend amphibolit- oder granulitfaziell metamorph und gehören dem Complexo Alegre (übergeordnet: Complexo Embu) an.
Es handelt sich um gebänderte Amphibolit/Biotit-Gneise, granatführende Gneise, Migmatite, Charnockite und untergeordnet Paragesteine (Marmore, Quarzite).
Altersbestimmungen weisen auf amazonisches Alter (CORDANI et al. 1968, 1969) mit Aufarbeitung und Sedimentation während des Brasiliano-Ereignisses hin (SÖLLNER et al. 1987, 591 $\pm$2MA).
Die Gesteine sind polymetamorph und mehrfach verfaltet (D1-D7, BAYER et al. 1986).
Während des Brasiliano-Ereignisses (680-540Ma, HASUI et al. 1967) wurde dieser Gesteinskoplex mehrfach intrudiert.

Granit-Granodiorit-Gneis
Zwischen 650-600Ma (SÖLLNER et al. 1987) bildete sich durch großräumige Aufheizung und Anatexis eine granitisch-granodioritische Schmelze, die bereichsweise intrudierte.

Dieses Gestein ist teilweise D3-verfaltet (BAYER et al. 1986), ein weiteres Mal thermisch überprägt (519$\pm$16Ma SÖLLNER et al. 1987) und liegt heute als Gneis vor.
Die Grenzen zum Nebengestein sind überwiegend graduell, gelegentlich intrusiv.
Die Gesteine sind in großen Bereichen sehr homogen aufgebaut (Tab. 5.2), was durch die Modalanalysen (BAYER et al. 1986) verdeutlicht wird. Sie beinhalten aber randlich viele Nebengesteinseinschlüsse und besitzen teilweise migmatische Struktur.

Der Granit-Granodiorit-Gneis zeigt makroskopisch ein flaseriges Parallelgefüge, hervorgerufen durch augige Feldspataggregate.

Der Gesamtchemismus (Tab. 5.2-5.4) entspricht Durchschnittswerten subalkalischer Granite und Granodiorite (NOCKOLDS et al. 1978), wobei jedoch die P- und Ti-Gehalte generell niedriger sind.

Auffällig ist eine Verarmung an K, Rb, Y und Nb, ein Na/K-Verhältnis von etwa 1 und das Verhältnis $Al/(Na+K+Ca/2) > 1.1$ (Mittelwert: 1.27).

Der Granit-Granodiorit-Gneis (SiO_2-Wert: 61) ist nach der Einteilung von PEACOCK (1931) "subalcalic-calcic".

Rb/Sr-Durchschnittswerte (0.35) sprechen für die Entstehung aus abgesenktem oberkrustalem Material (nach WEDEPOHL 1978, Oberkruste: etwa 0.32-0.35).

Die höheren 87Sr/86Sr-Werte (0.771; Metasedimente: 0.7083-0.7090 nach SÖLLNER et al. 1987) und durchschnittlich etwas niedere Rb- (122ppm) und höhere Sr-Gehalte (335ppm), weisen auf die Anatexis von unterlagernden Granuliten, wie sie in der Serra do Caparao aufgeschlossen sind (0.709 SÖLLNER et al. 1987) hin.
Metasedimente sind jedoch auch mitaufgeschmolzen oder assimiliert worden, wie hohe normative C-Werte einiger randnaher Proben, angeschmolzene Nebengesteinseinschlüsse und auftretende migmatische Texturen belegen.

Brasiliano-Intrusionen (Sta. Angelica, Castelo, Venda Nova): Gegen Ende des Brasiliano-Ereignisses intrudierte, an einem 2. thermalen Höhepunkt (nach SÖLLNER et al. 1987, 519+82, -32Ma), ein alkalibasaltisches Magma aus dem oberen Mantel unter Aufschmelzung von Nebengestein.
Dabei bildeten sich zonierte, diapirische Intrusionskörper mit elliptischem Querschnitt aus.
In diesen sind große intermediäre Mischgesteinsbereiche aufgeschlossen, die um basische zentrale Gebiete angeordnet sind. In allen drei Intrusionen sind die basischen Magmatite von sauren Gesteinsgürteln ringförmig umgeben (z. B.: Granit 1, Granit 2).
Die Intrusionen sind konkordant (im Sinne von MARSH (1982) und intrudierten plastisches Nebengestein (BAYER et al. 1986).

Die peripheren Granite sind allanitführend (Granit 1) bzw. haben Titanit (Granit 2).
Granit 1 ist grobkörnig, matrixarm (oft weniger als 10%) und besitzt Großkalifeldspäte (bis 5cm Länge). Bei einigen Proben unter 70% SiO_2 wies SCHMIDT-THOME (1987, in Vorb.) Mischgesteinscharakter nach (Plagioklase mit An25; dunkle Schlieren).
Eine randliche, deutlich eingeregelte und mittelkörnige Varietät leitet zu den migmatischen Nebengesteinen über.
Granit 2 ist fein- bis mittelkörnig, basischer als Granit 1 und besteht überwiegend aus Quarz, Kalifeldspat und Plagioklas und besitzt nur untergeordnet Großkalifeldspäte.
Beide Granite sind subalkalisch und entsprechen Normalgraniten von NOCKOLDS (1978).

Das zentrale basische Gestein der Intrusionen ist petrographisch als 2-Pyroxen-Biotit- und Noritgabbro eingestuft SCHMIDT-THOME 1987, in. Vorb.) und chemisch als Alkaligabbro bis -diorit zu bezeichnen.

Die chemischen Daten (Rb/Sr-Wert; 87Sr/86Sr; hohe Alkalien-, Zr-, Ti-, P-Gehalte) sprechen für eine Entstehung der Schmelze im oberen Mantel.

Die Magmen sind kalkalkalisch differenziert (AFM-Dreiecke; E-Wert-Diagramm nach GROHMANN 1981).

Die Grenze zu den Nebengesteinen ist an einigen Stellen scharf und eher diskordant, an anderen durch Übergangsbereiche mit Nebengesteinseinschlüssen und angeschmolzenes Nebengestein gekennzeichnet.

Da zwischen den untersuchten Intrusionen Unterschiede bestehen, wird jede im folgenden kurz beschrieben.

Sta. Angelica
Der Intrusionskörper hat eine elliptische Anschnittfläche von etwa 150km2 und wird durch jüngere NW-SE-verlaufende Störungen zerlegt.

Im Kern von Sta. Angelica sind zwei Dioritgabbro-Gesteine zu finden, ein feinkörniges, geringfügig basischeres und alkalienreicheres, welches intrusiv in dem grobkörnigeren Dioritgabbro steckt (R1-R2-Diagramm; Clusteranalyse).

Nordöstlich der Hauptintrusionen der zentralen basischen Gesteine (grob- und feinkörniger Dioritgabbro) erfolgte eine weiterere Platznahme von Dioritgabbro und Granit 2 (Abb. 5.24).
In der Sta. Angelica Intrusion ist ein ausgedehnter Mischgesteinsbereich aufgeschlossen (Granit 1 - Diorit/Granodiorit).
Alle Abstufungen von Mischung sind zu beobachten (Schlieren von 100m bis Dünnschliffbereich, Schollen, Agmatite, Groß-Kalifeldspäte im Diorit).

Zwischen äußerem Granit und zentralem Dioritgabbro wechseln sich Bereiche mit Mischgestein und Granodiorit /Diorit unsystematisch ab (Abb. 5.24).

Der Granit 1 ist in zwei Typen aufzufinden:
- Ein mittel- bis grobkörniger, am Kontakt zum Nebengestein anzutreffender (Granit 1b) und
- ein zweiter heller matrixarmer mit überwiegend Großfeldspäten (Granit 1a).

Zwischen beiden gibt es graduelle Übergänge und intrusive Kontakte.

Castelo
Der aufgeschlossene Intrusivkörper besteht Überwiegend aus Granit, mit wenigen kleineren zentralen Dioritbereichen (Abb. 5.25). In diesem Niveau war "stoping" (im Sinne von Bateman 1979) der Intrusionsmechanismus, neben plastischer Deformation.
Mit etwa 20% Anteil an der Ausbißfläche tritt der Diorit gegenüber dem Granit deutlich zurück.

Die Gesteine gleichen in Textur und Petrographie den Gesteinen von Sta. Angelica, sind jedoch SiO_2-reicher, und Diorit ist das basischeste Endglied. Pyroxene kommen nur mit Hornblende ummantelt vor (BAYER et al. 1986).

Der Gesamtchemismus der Intrusion von Castelo ist saurer und weniger alkalibetont (KMN-Dreieck; Variations-Diagramme) als bei den Intrusionen von Sta. Angelica und Venda Nova.
Große Nebengesteinspartien sind s-parallel vom Granit abgelöst und umflossen worden.
Im Profil (Abb. 5.97) ist keine rhythmische Zonierung zu erkennen.

Die Nebengesteine waren kompetenter und weniger plastisch deformierbar als in Sta. Angelica.
Mechanische Durchmischung beschränkte sich auf kleinere Areale.

Venda Nova
Der Hauptanteil der 50km2 Ausbißfläche wird von basischen und syenomonzonitischen Gesteinen eingenommen.
Im zentralen Bereich ist grobkörniger und feinkörniger Dioritgabbro zusammen mit wenig Mischgestein aufgeschlossen.
Randlich am Kontakt zu den migmatischen Gneisen kommen stellenweise Granite vor.
Die Textur und der Modalbestand der basischen und sauren Intrusiva gleichen mit Ausnahme des Syenomonzonits, denen von Sta. Angelica.
Dieser hat Einsprenglinge aus perthitischem Mikroklin, hypidiomorphem Andesin-Oligoklas (bis zu einigen Zentimetern groß) in einer Matrix aus Ortho- und Klinopyroxen, grüner Hornblende, braunem Biotit, Plagioklas von Andesin-Oligoklas-Zusammensetzung und als Akzessorien Magnetit, Apatit, Titanit und Zirkon.
Besonders hohe Alkaliwerte sind kennzeichnend für dieses Gestein.
Zum Rand zu wird der Syenomonzonit quarzreicher und mafitärmer und nähert sich granitisch-granodioritischer Zusammensetzung.

Modellvorstellung zur Genese der Intrusionskörper
Da der Intrusionskörper von Sta. Angelica am intensivsten und genauesten bearbeitet wurde, wird hauptsächlich auf die dort gewonnene Daten zurückgegriffen.

Zur Genese von Intrusionskörpern mit Mischgesteinsbereichen sind in der Literatur unterschiedliche Mechanismen beschrieben worden.

HUPPERT et al. (1982) untersuchten den Einfluß der Konvektion in einer geschichteten Magmenkammer.

BELL et al. (1983) zeigten den Einfluß zuströmenden basischen Magmas, HUPPERT et al. (1986) den Zufluß saurer Schmelzen, während ANDERSON (1975), MARSHALL et al. (1984) und VOGEL et al. (1973, 1982, 1983) den Einfluß von vulkanischer Aktivität und "cauldron subsidence" für die Magmenmischung aufzeigten.

WATSON (1982) wies auf die Bedeutng der krustalen Kontamination basischer Magmen während des Aufstiegs hin.

WHALEN et al. (1984) beschrieben drei Hauptmechanismen für Magmenmischung:

buoyant convection (thermisch bedingte Konvektion),
forced convection (durch Strömung erzeugte Konvektion),
tectonic shearing (tektonisch bedingte Scherbewegungen).

"Forced convection" kann ausgeschlossen werden, da hohe Scherkräfte zwischen Intrusiv- und Nebengestein auf schnellen Aufstieg mit vulkanischer Aktivität beschränkt sind. Nach AHERN et al. (1981) ist bei Intrusionen in dieser Größenordnung "buoyant-convection" durchaus zu erwarten. Fraglich ist jedoch, ob es bei zwei unterschiedlichen Schmelzen zu homogener Mischung im Zentrum kommt.

Eine befriedigende Genese-Erklärung wird durch keinen dieser Mechanismen alleine gegeben.
Weitgehend inhomogene (randliche Großschlieren-Bereiche) und homogene Gebiete (Granodiorit/Diorit mit wenig Granitschlieren und ummantelten Feldspatblasten) lassen sich schwer durch einen einzigen Mischungsvorgang erklären.

Es hat sowohl konvektive, inhomogene Durchmischung und Kontamination während des Aufstiegs, wie auch konvektive, homogenisierende Mischung innerhalb eines Plutons stattgefunden. Viskositäts- und Temperaturunterschiede der Ausgangsmagmen und das Konvektionsverhalten in einer tiefer liegenden Magmenkammer (Diapir) sprechen für obige Annahme (siehe MALOE 1985).

Zu Beginn des Brasiliano-Ereignisses entstanden großräumig durch Anatexis granitische Schmelzen (heute Granit-Granodiorit-Gneis; 600-650Ma SÖLLNER et al. 1986) vermutlich ±gleichzeitig mit den Migmatiten (580Ma, Metaquarzit: 591 ±2Ma SÖLLNER et al. 1987). Nach BAYER et. al. (1987) sind diese Granitoide D3-verfaltet.

Während des Brasiliano intrudierte ein alkali-basaltisches, fluidreiches Magma aus dem Mantel und schmolz während es aufstieg und fraktionierte Nebengestein auf, wobei im Dachbereich intrudierende Gänge bereits eine weitere Aufheizung und Bildung von Teilschmelzen verursachten. THOMPSON et al. (1986) beschreiben diesen Vorgang bei tertiären Intrusionskörpern in England.

Zerscherte und deformierte basische Gänge im Granit-Granodiorit-Gneis und im Randbereich der Intrusion könnten darauf zurückzuführen sein.
Nach einer frühen Abtrennung von Pyroxen und Olivin, die zu Anreicherung der Alkalien, des Titans und Phosphors in der Restschmelze führte (Alkalien-P_2O_5; -TiO_2, Abb. 5.77 bis 5.78), war Plagioklas- und Hornblende-Fraktionierung der wesentliche Mechanismus zur Bildung des Diorits (Harker-Diagramme, Abb. 5.60 bis 5.80; CaO-Ga-Verteilung, Abb. 5.95).

Eine unvollständige Durchmischung der juvenilen basischen und anatektischen sauren Schmelze während des Aufstiegs wird angenommen, da Unterschiede in der Viskosität, dem Chemismus und der Temperatur eine homogene Mischung eher unwahrscheinlich erscheinen lassen. Dies wird ebenfalls durch Geländeverhältnisse und petrographische Daten (SCHMIDT-THOME 1987, in Vorb.) untermauert.

Die randlich schlierig durchmischte Schmelze stieg unter weiterer Anatexis von Nebengestein und konvektionsbedingter Durchmischung auf. Bei nachlassender Konvektion (und Aufstiegsgeschwindigkeit) bildete sich eine Zonierung innerhalb des Diapirs aus (im Sinne von MORSE et al. 1986; BARNES et al. 1986).

Nach und nach entstand im Grenzbereich der getrennten Konvektionssysteme (im Dioritgabbro und im Granit; beide bereits teilweise schlierig durchmischt) sowie durch Angleichung der Temperatur und der Viskosität beider Magmen untergeordnet eine Zone homogener Durchmischung(im Sinne von HUPPERT et al. 1982).

Die chemische Angleichung des Dioritgabbros geschah vorwiegend durch zunehmende Kontamination (und mechanische Durchmischung; commingling), aber auch durch Differentiation und Kristallisation von Mineralen an der Grenzfläche zum Granit und deren Absaigerung (BRANDEIS et al. 1984).
Alle Erscheinungen, wie Großschlieren, gelängte sphärische Dioritkörper im Granit, untergeordnet homogene Mischung der Gesteine, feinkörnige granitische Schlieren und losgelöst vorkommende ummantelte Großfeldspäte im Granodiorit lassen sich so erklären.

Durch die Intrusion des feinkörnigen Dioritgabbros im Zentrum in Verbindung mit tektonischer Beanspruchung (Bayer et al. 1986) ist die zu beobachtende Längung von Schlieren und Einschlüssen im Mischgestein sowie die Intrusion von Diorit mit Kalifeldspat-Einsprenglingen in schon weitgehend verfestigte granitische Dachpartien zu verstehen (ähnlich dem "Ballooning" von RAMSAY 1981).
Die randlich vorkommenden Dioritagmatite mit granitischer Matrix sind als schneller abgekühlte Randpartien mit "Reinjektion" von Granit anzusehen (GRANT et al. 1976) und ihre Übergänge zu Schlierenbereichen auf Scherbewegungen zurückzuführen.

Während der Abkühlung und postorogener Dehnungsphasen intrudierten basische, granitische und pegmatitische Gänge in allen drei Intrusionen.
Es lassen sich bei den basischen Gängen unterschiedliche Arten beobachten:

1. "Pillowartige-Gänge" (basische "Pillows" in intermediärer/saurer Matrix)
2. Zerscherte Gabbro- und Dioritgänge mit granodioritischer bis dioritischer Matrix.
3. Mittelkörnige Dioritgänge mit von Hornblende umgebenen Quarzlinsen.

Die mehrfache Intrusion von Dioritgabbro sowie die beobachtete Intrusionsschieferung berechtigen zur Annahme, daß es sich um polydiapirische Intrusionen im Sinne von STEPHANSON (1977) handelt, wie sie auch von WERNICK (1984) im Staat Sao Paulo beschrieben wurden.

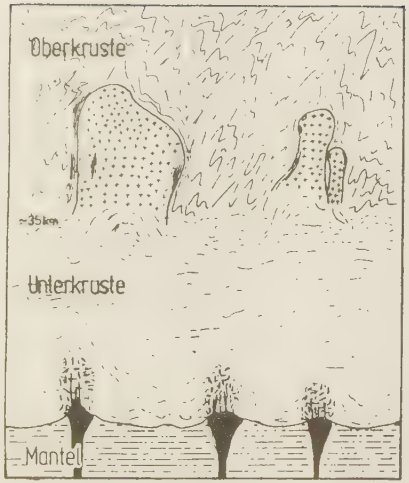
Unter Berücksichtigung anderer, ebenfalls von unserer Arbeitsgruppe untersuchter Intrusionskörper, deren Aufbau und chemische Zusammensetzung sowie der Ergebnisse von DA SILVA et al. (1976) nimmt offenbar von Westen nach Osten der Anteil der basischen Gesteine und deren Alkalinität ab.
Im Osten (Rio Novo do Sul bis Alfredo Chaves) sind die granitischen Intrusionen perlschnurartig aneinandergereiht und haben höchsten zentrale Bereiche aus alkaliarmen intermediär-basischem Gestein.

Eine ähnliche zonierte Anordnung der Intrusionskörper in Südbrasilien (Parana-Staat, Santa Catarina-Staat) wird mit einer nach Westen abtauchenden Subduktionszone erklärt (WERNICK 1983, 1984).

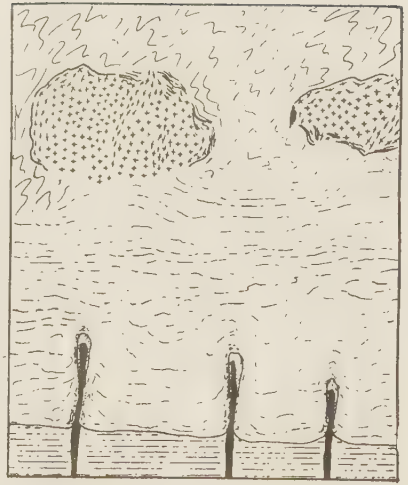
In Südbrasilien sind die granitischen Intrusionen jedoch wesentlich größer (einige 1000km2) als in Espirito Santo und es ist ein höheres Stockwerk aufgeschlossen.

Literaturdaten (WERNICK 1984, ARTHUR et al. 1984) und die Ergebnisse unserer Arbeitsgruppe lassen das vorgestellte Modell des Intrusionsvorganges (Abb. 5.151-5.152) nach einer Subduktion mit folgender Kontinent-Kontinent-Kollision und Krustenstapelung auf flachen Überschiebungsbahnen für das Arbeitsgebiet als möglich erscheinen.

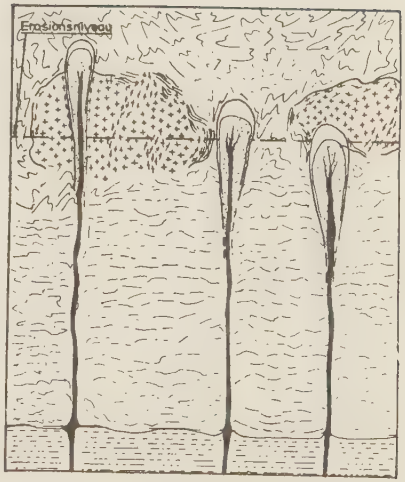
Weitere zur Zeit in Brasilien laufende Untersuchungen in den amphibolit- und granulitfaziellen Gesteinen werden in den nächsten Jahren die Entwicklung eines umfassenden geodynamischen Gesamtmodells zulassen, was durch Untersuchungen an wenigen Intrusionen und dem unmittelbaren Nebengestein nur ansatzweise möglich ist.



Erster thermischer Hohepunkt mit Bildung der Granit-Granodiorit-Korper. Erste Schmelzbildung an der Mantel-Krustengrenze durch intrudierende alkalibasaltische Schmelze.



Zweiter thermischer Höhepunkt.
Intrusion der zusammengesetzten Diapire unter mechanischer Durchmischung der beiden Magmentypen. Teilweise Vergneisung der Granit-Granodiorit-Bereiche.



Platznahme der Intrusionen im heute aufgeschlossenen Niveau.
Intrudierende basische Schmelze weitet die Intrusionskorper.
Der Vorgang der Durchmischung setzt sich fort bis in einen hochviskosen Zustand.

Abb. 5.151: Schematisierte Genese-Darstellung der Brasiliano-Intrusionen
Es wurde versucht die Lage der drei untersuchten Intrusionen zueinander darzustellen.
Granit-Granodiorit-Gneis: Granite: ;
Mischgesteine: ; alkalibasaltische Schmelze: ;

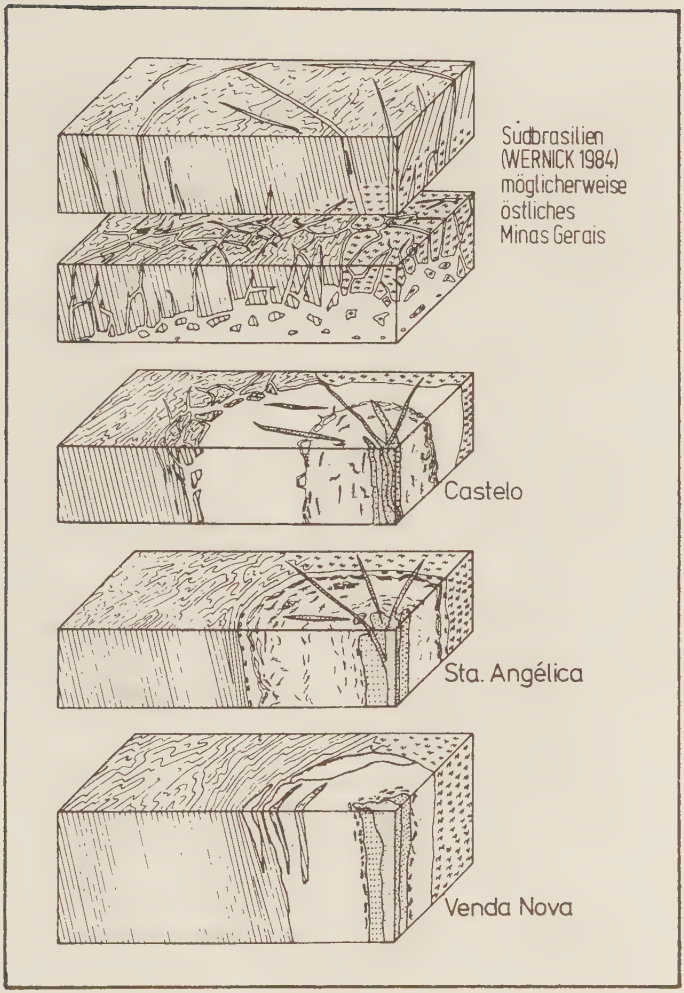


Abb. 5.152: Generalisierter Aufbau der Intrusionen des Küstengürtels von Espirito Santo

Es werden alle Daten in einem Schema (nicht maßstabsgetreu) zusammengefaßt.
Eingezeichnet sind die vermuteten Aufschlußflächen der einzelnen Intrusivkörper.
Nicht berücksichtigt sind die erreichten Intrusionsniveaus innerhalb des Complexes.
Gk. Dioritgabbro: ; fk. Dioritgabbro: ;
Granite: ; Intermediäre Mischgesteine: ;
Gneis und Migmatit: ; Granit-Granodiorit-Gneis:
Schlieren: ; Agmatite: ; Gänge: ;

7. LITERATURVERZEICHNIS

Ahrens, L.H. (1954): The lognormal distribution of the elements. - Geochim. Cosmochim. Acta 5: 49-73.

Ahrens, L.H. (1954): The lognormal distribution of the elements. - Geochim. Cosmochim. Acta 6: 121-131.

Ahrens, L.H. (1957): Lognormal distribution III. - Geochim. Cosmochim. Acta 11: 205-212.

Ahrens, L.H. (1960): Element distributions in specific igneous rocks VIII. - Geochim. et Cosmochim. Acta 30: 109-122.

Almeida, F.F.M., Hasui, Y. (1984): O Embasamento da Plataforma Sulamericana. In: Almeida, F.F.M., Hasui, Y. (Hrsg.): O Precambriano do Brasil. - Editora Blücher, Sao Paulo, 378S.

Amaral, G., Kawashita, K. (1976): Determinacao da idade do grupo Bambui pelo metodo Rb-Sr. - In: Anais do Congresso Brasileiro de Geologia.- SBG, 21: 214-217, Curitiba.

Anderson, A.T. (1975): Magma Mixing: Petrological Process and Volcanological Tool. - J. Volcanol. Geotherm. Res. 1: 3-33.

Artur, A.C., Wernick, E. (1984): Terrenos policiclicos e estagios de evolucao crustal. - Anais do XXXIII Congresso Brasileiro de Geologia, 3081-3090, Rio de Janeiro.

Atherton, M.P., Tarney, J. (Editors) (1979): Origin of Granite Batholiths. - Chemical Evidence. - 1: Comments on the Geological Environments of Granites. - 1-8, Shiva, Amsterdam.

Bateman, P.C., Dodge, F.C.W. (1970): Variation of Major Chemical Constituents across the Central Sierra Nevada Batholith. - Bull. Geol. Soc. Am. 81: 409-420.

Bateman, P.C., Chappel, B.W. (1979): Crystallization, fractionation and solidification of the Tuolumne Intrusive Series, Yosemite National Park, California. - Bull. Geol. Soc. Am. 90/1: 465-482.

Barnes, G.C., Allen, C.M., Saleeby, J.B. (1986): Open and closed systems characteristics of a tilded plutonic system ,Klamath Mountains, California. - J. Geophys. Res. 91/B6: 6073-6090.

Batchelor, R.A., Bowden, P. (1985): Petrogenetic Interpretations of Granitoid Rock Series using Multicational Parameters. - Chem. Geol. 48: 43-55.

Bayer, P.,Horn, H.A., Lammerer, B., Schmidt-Thome, R., Weber-Diefenbach, K. und Wiedemann, C. (1985): The Brasiliano Mobile Belt in Southern Espirito Santo (Brazil) and its Igneous Intrusions. - Z. Geol. Pal. 9-10/I: 1429-1439.

Bayer, P., Horn, H.A.,Lammerer, B., Schmidt-Thome, R., Weber-Diefenbach, K. (1986): Plutonite von Espirito Santo. - Bericht (We 809/3-1) zum DFG-Forschungsvorhaben.

Bayer, P., Schmidt-Thome, R., Weber-Diefenbach, K., Horn, H.A. (1987): Complex concentric granitoid intrusions in the Coastal-Mobile-Belt, Espirito Santo, Brazil: The Santa Angelica Pluton - an example. - In Vorbereitung.

Bayer, P. (1987): Strukturgeologische Untersuchungen im brasilianischen Küsten-Mobile-Belt, südliches Espirito Santo, unter besonderer Berücksichtigung der Brasiliano-Intrusionen. - Dissertation, Universität München (in Vorbereitung).

Bell, B.R. (1983):Significance of ferrodioritic liquids in magma mixing processes. - Nature 306: 323-327.

Besang, C., Eberle, W.G., Lahner, L., Lenz, H., Mollat, H., Müller, P., Paulsen, S. (1977): Radiometrische Altersbestimmungen an Gesteinen aus Minas Gerais und Espirito Santo/Brasilien. - Geol. Jb. 24: 149-179.

Beswick, A.E. (1976): K and Rb relations in basalts and other mantle derived materials. Is phlogopite the key ? - Geochim. Cosmochim. Acta 40: 1167-1183.

Beutel, P., Schub, W. (1983): SPSS-Statistik-Programm für die Sozialwissenschaften. - 4. Auflage, Gustav-Fischer, Stuttgart, New York, 300S.

Bonin, B., Grelou-Orsini, C., Vialette, Y. (1978): Age, Origin and Evolution of the Anorogenic Complex of Evisa (Corsica): A K-Li-Rb-Sr Study. - Contrib. Mineral. Petrol. 65: 425-432.

Brandeis G., Jaupart C., Allegre C.J. (1984): Nucleation, crystalgrowth and thermal regime of cooling magma. - J. Geophys. Res. 89: 10167-10177.

Brandeis G., Jaupert C. (1986): On the interaction between convection and crystallization in cooling magma chambers. - Earth Planet. Sci. Lett. 86: 345-361.

Brown, G.C. (1977): Mantle origin of Cordilleran granites. - Nature 265: 21-24.

Brown, G.C., Cassidy, J., Tindle, A.G., Hughes, D.J. (1979): The Loch Doon granite: an example of granite petrogenesis in the British Caledonides. - J. geol. Soc. London 136: 745-753.

Brown, P.E., Becher, M.S. (1986): Fractionation, hybridisation and magmamixing in the Kialinequ centre, East Greenland. - Contrib. Mineral. Petrol. 92: 57-70.

Cawthorn, R.G., O'Hara, M.J. (1976): Amphibole fractionation in calc-alcaline magma genesis. - Am. J. Sci. 276: 309-329.

Cawthorn, R.G., Brown, P.A. (1976): A model for the formation and crystallization of corundium normative calc-alcaline magmas through amphibole fractionation. - J. Geol. 84: 467-476.

Collins, W.J., Beams, S.D., White, A.J.R., Chappel, B.W. (1982): Nature and Origin of A-Type Granites with particular Reference to Southeastern Australia. - Contrib. Miner. Petrol. 80: 189-200.

Condie, C.,K. (1973): Archean Magmatism and Crustal Thickening. - Bull. Geol. Soc. Am. 84: 2981-2992.

Cordani, U.G., IYER, S.S. (1979): Geochronical investigations on the precambrian granulitic terrain of Bahia, Brazil. - Precam. Res.: 255-274.
Coutinho, J.M.V. (1972): Pre-Cambriano ao sul da cidade de Sao Paulo. - In: Annais do Congresso Brasileiro de Geologia. - SBG 25: 53-62,Rio de Janeiro.
Cox, K.H., Bell, J.D., Punkhurst, R.J. (1979): The interpretation of igneous rocks. - Gorge Allen & Unwin, London, Boston, Sidney, 450S.
Dall'Agnol, R. (1982): Os granitos anorogenicos da Amazonia Brasileira: Suas analogias com os "Younger Granites" do Oeste da Africa. - Quinto Congresso Latinamericano de Geologia, Argentina, Actas II: 113-131, Buenes Aires.
Davis, J.C., (1973): Statistic and Data Analysis in Geology. - John Wiley & Sons, New York, Chichester, Brisbane, Toronto, 257S.
Dawson, J.B. (1977): Sub-cratonic crust and upper mantle models based on xenolith suites in kimberlite and nephenelitic diatremes. - J. geol. Soc. Lond. 134: 173-184.
De La Roche, H. (1968): La chimie des roches presentee et interpretee d'apres la structure de leur facies mineral dans l'espace des variables chimiques: fonctions specifiques et diagrammes qui s'en deduisent; application aux roches ignees. - Chem. Geol. 21: 63-87.
De La Roche, H., Leterrier, J., Grandclaude, P., Marchal, M. (1980): A Classification of Volcanic and Plutonic Rocks using R1-R2-Diagram and major Element Analysis. - Its relatioship with current Nomenclature. - Chem. Geol. 29: 183-210.
Dixon, W.J., Brown, M.B., Engelman, l., Frase, J.W., Hill, M.A., Jennrich, R.I., Toorch, J.D. (1983): BMDP Statistical Software. - University of California Press, Berkeley, Los Angeles, London, 733S.
El Bouseky, A.M., El Sokkary, A.A. (1975): The relation between Rb, Ba and Sr in granitic rocks. - Chem. Geol. 16: 207-219.
Flood, R.H., Vernon, R.H. (1978): The Cooma Granodiorite, Australia. An example of in situ crustal anatexis ? - Geology 6: 81-84.
Flood, R.H., Shaw, S.E. (1979): K-rich cumulate diorite at the base of a tilted granodiorite pluton from the New England Batholith, Australia. - J. Geol. 87: 417-425.
Fonseca, M.J.G., Da Silva, Z.C.G., De Almeida Campos, D., Tosatto, P. (1979): Folhas Rio de Janeiro, Vitoria, Iguape SF 23, SF 24, SG 23. Carta Geologica do Brasil ao Milionesimo. Texto Explicativo. - DNPM, Brasilia.
Fontes, C.A., Netto, C., Costa, M.R.A., Baltasar, O.F., Da Silva, S.L. (1981): Projeto Mimoso do Sul.- Relatorio Interno CPRM/DNPM, Belo Horizonte, 406S.
Fridrich, F.J., Mahood, G.A. (1984): Reverse zoning in the resurgent intrusions of the Grizzly Peak cauldron, Sawatch Range, Colorado. - Bull. Geol. Soc. Am. 95: 779-787.

Fyfe, W.S., Leonardos Jr., O.H. (1977): Speculation on the causes of crustal rifting and subduction, with applications to the Atlantic Margin of Brazil. - Tectonophysics 42: 29-36.

Glickson, A.J. (1971): Primitive archean element distribution patterns: Chemical evidence and geotectonic significance. - Earth Planet. Sci. Lett. 12: 309-320.

Grant Cawthorn, R., O'Hara, M.J. (1976): Amphibole Fractionation in Calc-Alcaline Magma Genesis. - Am. Jour. Sci. 276: 309-329.

Green,, D.H., Ringwood, A.E. (1967): An experimental investigation of gabbro to diorite transformation and its petrological application. - Geochim. Cosmochim. Acta 31: 767-833.

Green, D.H., Ringwood, A.E. (1967): The genesis of basaltic magmas. - Contrib. Mineral. Petrol. 18: 105-162.

Green, D.H. (1978): A Model for the Formation and Crystallization of Corundum-Normative Calc-Alcaline Magmas through Amphibole Fractionation: A Discussion. - Jour. Geol. 86: 269-272.

Grohmann, N. (1981): Die 2-scale Zellularkonvektion - Untersuchung über die Zusammenhänge zwischen Orogenese, Kontinentaldrift und Magmatismus. - Dissertation, Ludwig-Maximilians Universität.

Gunn, B.M. (1969): The petrochemical effects of the simultaneous cooling of adjoining basaltic and rhyolitic magmas. - Geochim. Cosmochim. Acta 33: 341-356.

Hahn-Weinheimer, P., Hirner, A., Weber-Diefenbach, K. (1984): Grundlagen und praktische Anwendungen der Röntgenfluoreszenzanalyse (RFA). - Friedrich Vieweg & Sohn, Braunschweig, Wiesbaden, 254S.

Hanson, G.N. (1978): The application of trace elements to the petrogenesis of igneous rocks of granitic composition. - Earth. Planet. Sci. 38: 26-43.

Harris, P.G., Kennedy, W.Q., Scarfe, C.N. (1970): Volcanism versus plutonism. - The effects of chemical composition in mechanism of igneous intrusion. - Liv. geol. Soc.: 187-198.

Hasui, Y., Oliveira, M.A.F. (1967): Provincia Mantiqueira, Setor Central. - In: Almeida, F.F.M., Hasui, Y. (Hrsg.): O Precambriano do Brasil. - Blücher, Sao Paulo, 308-344.

Hasui, Y., Cremonini, O.A., Born, H. (1984): O "Granito Tres Corregos" Revisado e o macico Catas Altas. - Anais do XXXIII Congresso Brasileiro de Geologia: 3023-3031, Rio de Janeiro.

Hasui, Y., Fonseca, M.J.G., Ramalho, R. (1984): A parte central de dobramentos sudeste e o macico de Guaxupe. - In: Schobbenhaus, C., Campos, D.A., Derze, G.R.,Asmus, H.E., (Koordinatoren): Geologia do Brasil, DNPM, Brasilia, 307-328.

Herz, N., Dutra, C.V. (1960): Minor element abundance in a part of the Brazilian Shield. - Geochim. Cosmochim. Acta 21: 81-98.
Hildreth, W., Grove, L.T., Dungan, M.A. (1986): Introduction to special section on open magmatic systems. - J. Geophys. Rev. 91,B6: 5887-5889.
Holder, M.T. (1979): An emplacement mechanism for a post-tectonic granite and its implications for their geochemical features. - In: Atherton, M.P., Tarney, J. (1979): Origin of granite batholiths. - Shiva, Kent, 175S.
Huppert, H.E., Sparks, R.S., Turner, J.S. (1982a): Effects of volatiles on mixing in calc-alcaline magma systems. - Nature 297: 554-557.
Huppert, H.E., Sparks, R.S.E., Whitehead, J.A., Hallworth, M.A. (1986): Replenishment of Magma Chambers by light Inputs. - J. Geophys. Res. 91, B6: 6113-6122.
Hyndman, D.W. (1981): Controls on source and depth of emplacement of granitic magma. - Geology 9: 244-249.
Jardim de Sa, E.E. (1984): Aspectos estruturais e tectonicas de granitoides. - Anais do XXXIII. Congresso Bras. Geol.: 2787-2814, Rio de Janeiro.
Jost, H., Frantz, J.C., Wernick, E. (1984): Implicacoes geotectonicas da variacao composicional temporal e regional dos granitoides do Ciclo Brasiliano do Escudo Sul-Riograndense. - Anais do XXXIII Congresso Brasileiro de Geologia: 2978-3000, Rio de Janeiro.
Kabesh, M.L., Aly, M.M., Heikal, M.A. (1979): Zur Petrochemie einiger präkambrischer granitischer Gesteine aus der Jemenitischen Arabischen Republik. - Chem. d. Erde 38: 147-159.
Lameyre, J., Bowden, P. (1982): Plutonic Rock Types Series: Discrimination of Various Granitoid Series and Related Rocks. - J. Vulcanol. Geotherm. Res. 14: 169-186.
Leeman, W.P., Hawkesworth, C.J. (1986): Open magmatic systems. Trace element and isotopic constraints. - J. Geophys. Res. 91, B6: 5901-5912.
Le Maitre, R.W. (1976): Some Problems of the Projection of Chemical Data into Mineralogical Classifications. - Contrib. Mineral. Petrol. 56: 181-189.
Leonardos Jr., O.H., Fyfe, W.S. (1974): Ultrametamorphism and Melting of a Continental Margin: the Rio de Janeiro Region, Brazil. - Contrib. Mineral. Petrol. 46: 201-214.
Leonardos, O.H., Fyfe, W.S., Fuck, R.A. (1976): Panafrican thrusting and melting within the Brazilian continental margin. - An Acad. Bras. Cienc. 48: 153-158.
Lowry, K.R., Henderson, P., Nolan, J. (1982): Tracer diffusion of some alkali, alkaline-earth and transition element ions in a basaltic and an andesitic melt structure. - Contrib. Mineral. Petrol. 80: 254-261.
Maaloe, S. (1985): Principles of Igneous Petrology. - Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, Tokyo, 371S.

MacRae, N.D., Nesbitt, H.W. (1980): Partial Melting of Common Metasedimentary Rocks: A Mass Balance Approach. - Contrib. Mineral. Petrol. 75: 21-26.
Marsh, B.D. (1982): On the mechanics of igneous diapirism, stoping and zonemelting. - Am. J. Sci. 282: 808-855.
Marshall, L.A., Sparks, R.S.J. (1984): Origin of some mixed-magma and net-veined ring intrusions. - J. geol. Soc. Lond. 141: 171-182.
Martin, C.F. (1972): Magmatism and tectonic settings. - J. Geophys. Res. 77/2: 4966-4975.
Mason, B., More, C.B. (1985): Grundzüge der Geochemie. - Ferdinand Enke, Stuttgart, 340S.
Maury, R.C., Bizouart, H. (1974): Melting of Acid Xenoliths into a Basanite: An Approach to the possible Mechanisms of Crustal Contamination. - Contrib. Mineral. Petrol. 48: 275-286.
McCarthy, T.S., Hasty, R.A. (1976): Trace element distribution patterns and their relationship to the crystallization of granitic melts. - Geochim. Cosmochim. Acta 40: 1351-1358.
McCourt, W.J. (1981): The geochemistry and petrography of the Coastal Batholith of Peru, Lima segment. - J. geol. Soc. Lond. 138: 407-420.
McLellan, E.L. (1983): Problems of structural analysis in migmatite terrains. - In Atherton, M.P., Gribble, C.D. (Ed.): Migmatites, Melting and Metamorphism. - 299-302, Shiva, Nantwich.
McSween Jr., H.Y., Coish, R.A., Norman, M.D. (1979): Coexisting Acidic and Basic Melts. Geochemistry of a Composite Dike. - A Discussion. - J. Geol. 87: 211-216.
Meneses, P.R., Paradella, W.R. (1978): Sintese geologica preliminar da parte sul do Estado do Espirito Santo. In: Simp. Bras. Sensoriamento Remoto, INPE, CNPq, 478-499, Sao Jose dos Campos, Sao Paulo.
Monteiro Penha, H. (1984): Granitoides da Regiao Central do Estado do Rio de Janeiro: Uma sintese dos conhecimentos existentes. - Anais do XXXIII Congresso Brasileiro de Geologia: 2849-2853, Rio de Janeiro.
Morse, S.A. (1986): Thermal structure of crystallizing magma with two phase convection. - Geol. Mag. 123,3: 205-214.
Nockolds, S.R., Allen, R. (1954): The geochemistry of some igneous rock series. Part II. - Geochim. Cosmochim. Acta 18: 245-285.
Nockolds, S.R., Knox, R.W.O'B., Chinner, G.A. (1978): Petrology for students. - Cambridge University Press, Cambridge, New York, Melbourne, 435S.
Norton, D., Knight, J. (1977): Transport Phenomena in Hydrothermal Systems: Cooling Plutons. - Am. Jour. Sci. 277: 935-981.
Noyes, H.J., Wones, D.R., Frey, F.A. (1983): A Tale of Two Plutons: Petrographical and Mineralogical Constraints on the Petrogenesis of the Red Lake and Eagle Peak Plutons. Central Sierra Nevada, California. - J. Geol. 91: 353-379.

Peacock, M.A. (1931): Classification of igneous rock groups. - Jour. Geol. 39: 54-67.
Pearce, J.A., Harris, N.B.W., Tindle, A.D. (1984): Trace element discrimination diagrams for the tectonic interpretation of granite rocks. - J. Petrol. 25/4 : 956-983.
Penha, H.M., Wiedemann, C.M. (1984): Granitoides da regiao central do Estado do Rio de Janeiro. - Anais do XXXIII. Congresso Bras. de Geologia: 5433-5455, Rio de Janeiro.
Pitcher, W.S. (1979): The Nature, Ascend and Emplacement of Granitic Magmas. - J. geol. Soc. Lond. : 627-662.
Pitcher, W.S. (1984). Granite-Type and Tectonic Environment. - In: Hsü, K.J. (Editor): Mountain Building Processes. - Kap. 1-3: 19-40, Acad. Press, London.
Projeto Radambrasil (1983): Folhas SF 23/24, Rio de Janeiro, MME - SG.
Pudget, A.J., Monteiro Penha, H. (1980): Granitos da Regiao de Ipiranga, Mage, RJ - Consideracoes geoquimicas e petrologicas. - Anais do XXXIII Congresso Brasileiro de Geologia: 2215-2178, Rio de Janeiro.
Ramsay, J.G. (1981): Emplacement of the Chinamore Batholith Zimbabwe. - J. Struct. Geol. 3: 93-95.
Rickwood, P.C. (1983): The use of cluster analysis in diverse geological problems. - In: Rickwood, P.C. (Ed.): The significance of trace elements in solving petrological problems. - 112-115, Theophrastus, Athen.
Robb, L.J. (1983): Trace element trends in granites and the distinktion between partial melting and crystal fractionation processes: Case studies from two granites in Southern Africa. - In Rickwood, P.C. (Ed.): The signification of trace elements in solving petrological problems. - 279-249, Theophrastus Public. SA., Athen.
Rollingson, H.R., Windley, B.F. (1980): An Archean Granulite-Grade Tonalite-Trondhjemite-Granite Suite from Scourie, NW Scotland: Geochemistry and Origin. - Contrib. Mineral. Petrol. 72: 265-281.
Saunders, A.D., Fornari, D.J., Morrison, M.A. (1982): The composition and emplacement of basaltic magmas produced during the development of continental-margin basins. The Gulf of California, Mexico. - J. geol. Soc. Lond. 139: 335-346.
Schroll, E. (1967): Die Entstehung der chemischen Elemente und ihre geochemischen Verteilungsgesetzmässigkeiten. - Schrift. Ver. Verbreit. naturwiss. Kenntnisse, Bericht, 41-78.
Schmidt-Thome, R. (1987): Geologie und Petrographie der Intrusion von Santa Angelica und ihrer Nebengesteine im brasilianischen Küsten-Mobile-Belt, Espirito Santo, Brasilien. - Dissertation, Universität München (in Vorbereitung).
Schobbenhaus, C., Almeida Campos, D. (1984): Geologia do Brasil. - DNPM, Brasilia.

Schuchard-Ficher, C., Backhaus, K., Humme, U., Lohrberg, W., Plinke, W., Schreiner, W. (1980): Multivariate Analysenmethoden. - Eine anwendungsorientierte Einführung. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, 195S.

Shand, S.J. (1949): Eruptive Rocks. - Thomas Marby Ed., London, 488S.

Sial, N.A. (1976): The post-paleozoic volcanism of Northeast Brazil and its tectonic significance. - An. Acad. bras. Cienc. (Suplemento).

Siga Jr., O., Teixeira, W., Cordani, U.G., Kawashita, K., Delhal, J. (1982): O Padrao Geologico-Geocronologico das Rochas de alto Grau da Parte Setentrional da Faixa Ribeira, a Norte do Rio de Janeiro, Brasil. - Quinto Congresso Latinoamericano de Geologia, Argentina, Actas I: 349-347, Buenes Aires.

Simon, J.L., Soriano, A. (1986): Diapiric deformation in the quaternary deposits of the Central Ebro Basin, Spain. - Geol. Mag. 123(1): 45-57.

Söllner, F., Lammerer, B., Weber-Diefenbach, K., Hansen, B.T. (1986): Neue Altersdaten zur Brasilianischen Orogenese im Küstengebiet von Espirito Santo, Brasilien. - In: Giese, P. (Editor, 1986): Berliner Geowissenschaftliche Abhandlungen - Sonderband Reihe A/10 - 10. Geowiss. Lateinamerika-Kolloquium Berlin, Dietrich Reimer, Berlin.

Söllner, F., Weber-Diefenbach, K. (1987): Neue Altersbestimmungen zur brasilianischen Orogenese im Küstengebirge von Espirito Santo, Brasilien. - Z. Geol. Pal. (in Vorbereitung).

Souza, J.C., (1982): Characteristics and mode of emplacement of gneis domes and plutonic domes in the central-eastern Pyrenees. - J. Struct. Geol. 4: 328-342.

Stephenson, O. (1975): Polydiapirism of granitic Rocks in the Svecofennian of Central Sweden. - Precam. Res. 2: 189-214.

St. John Lambert, R., Grenville Holland, J. (1974): Yttrium geochemistry applied to petrogenesis utilizing calcium-yttrium relationships in minerals and rocks. - Geochim. Cosmochim. Acta 38: 1393-1414.

Streckeisen, A., Le Maitre, R.W. (1975): A chemical approximation to the modal QAPF-classification of the igneous rocks. - N. Jb. Miner. Abh. 136: 169-206.

Streckeisen, A. (1976): To each plutonic rock its proper name. - Earth Sci. Rev. 12: 1-33.

Tarney, J., Saunders, A.D. (1974): Trace Element Constraints on the Origin of Cordilleran Batholiths. - In: TARNEY et al.: Granites an their Emplacement.

Taylor, T.R., Vogel, T.A., Wilband, J.T. (1980): The Composite Dikes at Mount Desert Island, Maine: An Example of coexisting Acidic and Basic Magmas. - J. Geol. 88: 433-444.

Thomson, R.N., Morrison, M.A., Dickin, A.P., Gibson, I.L., Harmon, R.S. (1986): Two contrasting styles of interaction between basic magmas and continental crust in the British tertiary volcanic province. - J. Geophys. Res. 91,B6: 5985-5997.

Thornton, C.P., Tuttle, O.F. (1960): Chemistry of igneous rocks. - I. Differentiation index. - Amer. J. Sci. 258: 664-684.
Tilling, R.J. (1974): Boulder Batholith, Montana: A product of two contemporaneous but chemically distinct magma series. - Bull. Geol. Soc. Am. 81: 3879-3900.
Van Tassel, J., Grant, H.W. (1980): Granite desintegration, Panola Mountain, Georgia. - J. Geol. 88: 360-364.
Vogel, T.A. (1978): Coexisting Acidic and Basic Melts. Geochemistry of a Composite Dike. - J. Geol. 86: 353-371.
Vogel,T.A. (1982): Magma Mixing in the Acidic-Basic complex of Ardnamurchan: Implications on the Evolution of Shallow Magma Chambers. - Contrib. Mineral. Petrol. 79: 411-423.
Vogel, T.A., Younker, L.W., Wilband, J.T., Kampmueller, E. (1984): Magma Mixing: the Marsco suite, Isle of Skye,Scotland. - Contrib. Mineral. Petrol. 87: 231-241.
Watson, E.B. (1982): Basalt Contamination by Continental Crust: Some Experiments and models. - Contrib. Mineral. Petrol. 80: 73-87.
Watson, E.B., Jurewicz, S.R. (1984): Behavior of Alkalies during Diffusive Interaction of Granite Xenoliths with Basaltic Magma. - J. Geol. 92: 121-131.
Weber-Diefenbach, K. (1979): Erfahrungen mit der energie-dispersiven Röntgenfluoreszenzanalyse. - Fortschr. Mineral. 57/1: 233-234.
Wedepohl, K.H. (1978): Handbook of Geochemistry. - II/5, Springer, New York.
Wernick, E., Penalva, F. (1980): O Grupo Pinhal na Regiao Nordeste do Estado de Sao Paulo e areas vizinhas do Estado de Minas Gerais. - Boletim IG, Instituto de Geociencias, USP 11: 1-20.
Wernick, E. (1983): Tipos de complexos granitoides brasilianos do Sul do Brasil. - Geociencias 2: 75-85.
Wernick, E. (1983): Granitos na Regiao da Grande Sao Paulo. - Exkursionsführer 4o Simposio Regional de Geologia, USP, Sao Paulo, 21S.
Wernick, E. (1984). Caracterizacao genetica de alguns granitoides brasilianos dos Estados de Sao Paulo e Minas Gerais e implicacoes geotectonicas preliminarias. - Anais do XXXIII Congresso Brasileiro de Geologia: 2902-2918, Rio de Janeiro.
Whalen, J.B., Currie, K.L. (1984): The Topsails igneous terrane, Western Newfoundland: evidence for magma mixing. - Contrib. Mineral. Petrol. 87: 319-327.
White, A.J.R., Chappell, B.W. (1977): Ultrametamorphism and granitoid genesis. - Tectonophysics 43: 7-27.
Wiebe, R.A. (1973): Relations between coexisting basaltic and granitic magmas in a composite dike. - Am. J. Sci. 273: 130-151.

Winkler, H.G.F. (1979): Petrogenesis of metamorphic rocks. - Springer Verlag, New York, 334S.

Wyllie, P.J., Huang, W.L., Stern, Ch., Maaloe, S. (1976): Granitic magmas: possible and impossible sources, water contents, and crystallization sequences. - Can. J. Earth Sci. 13: 1007-1019.

Wyllie, P.J. (1977): Effects of H2O and CO2 on magma generation in the crust and mantle. - J. geol. Soc. Lond. 134: 215-234.

Yoder, H.S., Tilley, C.E. (1962): Origin of basaltic magmas: an experimental study of natural and synthetic rock systems. - J. Petrol. 3: 342-532.

8. ANHANG

Die Haupt- und Nebenelemente und CIPW-Daten sind in Gewichtsprozent, die Spurenelemente in ppm angegeben.

Folgender Schlüssel zur Probenkennung wurde verwendet.

1. Probenzahl:

Erste Ziffer:	Kennzeichnung des Probennahmebereichs (1=Sta. Angelica; 2=Castelo; 3=Venda Nova; 4 und 5=Complexo Alegre)
Zweite Ziffer:	Feldbuchkennung (0=Bayer; 1=Horn;2=Schmidt-Thome)
Dritte bis siebte Ziffer:	Probennummer

2. Gesteinstyp:

11=Granit 1
12=Granit 2
13=Syenomonzonit
21=Dioritgabbro
22=Diorit (Mischgestein)
31=saure Ganggesteine
32=Pegmatite
33=basische Ganggesteine
41=Einschlüsse
51=Granodiorit-Gneis Sta. Angelica
52= " " " Castelo
53= " " " Venda Nova
61=helle migmatische Gneise und Leucosome
62=Mesosome
63=Quarzite
65=Hornblende-Pyroxen-Gestein

8.1. TABELLE

Die Tabelle beinhaltet Haupt-, Neben- und Spurenelemente sowie die CIPW-Norm-Minerale.

	1008805 62	1010200 11	1010300 61	1010800 11	1010801 22	1010803 22	1011202 11	1011602 22	1018001 22	1018004 22
HAUPT- UND NEBENELEMENTE (GEW.-%)										
SIO2	60.04	71.81	67.77	60.69	57.78	55.03	76.20	54.00	51.88	51.01
AL2O3	16.46	13.86	15.12	15.61	15.66	16.31	12.44	14.20	15.58	15.48
FEO	5.16	1.36	3.24	4.44	5.26	4.97	.71	5.58	5.32	6.39
FE2O3	.91	.90	.57	2.96	3.51	3.31	.47	3.72	3.55	4.26
MGO	2.81	.69	1.21	2.53	2.83	2.80	.36	4.53	4.49	5.32
MNO	.09	.04	.05	.13	.15	.13	.04	.13	.14	.16
CAO	5.73	2.68	3.45	3.73	4.78	4.66	1.00	6.28	6.42	6.63
NA2O	2.74	3.34	2.69	1.49	1.14	3.41	3.93	2.54	4.13	2.47
K2O	2.81	3.47	3.31	4.72	4.38	4.49	4.33	3.49	3.04	3.10
TIO2	1.05	.42	.66	1.34	1.84	1.97	.15	2.94	2.39	2.44
P2O5	.27	.10	.24	.53	.75	.99	.02	1.25	1.39	1.18
GV	.69	.75	.51	.59	.54	.59	.61	.36	.42	1.43
SUMME	98.76	99.42	98.82	98.76	98.62	98.65	100.26	99.02	98.75	99.87
SPURENELEMENTE (PPM)										
V	151	344	99	189	198	295	17	258	239	366
CR	34	27	35	65	40	73	44	49	64	73
CO	42	40	12	6	11	20	1	23	18	30
NI	23	20	24	43	23	33	71	35	44	38
CU	31	36	18	39	39	36	32	42	55	27
ZN	31	114	164	190	134	141	275	130	130	139
GA	20	24	24	23	27	24	21	26	24	28
RB	92	68	122	96	86	90	107	70	56	44
SR	343	1041	339	867	1100	1091	143	1038	1293	1093
Y	29	50	24	53	60	53	16	47	53	39
ZR	188	309	143	2	306	534	149	305	246	335
NB	16	24	14	13	24	24	2	25	25	20
BA	835	1547	1133	2453	2582	2319	530	2048	2515	1700
PB	14	19	24	34	26	25	26	21	25	18
U2O3	1	1	2	2	1	1	1	1	1	1
CIPW-NORM (GEW.-%)										
Q	15.09	32.49	29.33	22.25	20.45	5.23	34.16	9.30	0	4.54
C	0	0	1.44	2.58	2.19	0	0	0	0	0
OR	16.91	20.77	19.88	28.37	26.34	27.01	25.67	20.86	18.23	18.57
AB	23.62	28.63	23.14	12.82	9.82	29.37	33.36	21.74	35.46	21.18
AN	24.77	12.74	15.80	15.30	19.14	16.22	3.53	17.23	15.22	22.29
PL	48.38	41.37	38.94	28.12	28.96	45.59	36.88	38.98	50.68	43.48
NE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
WO1	1.00	.03	0	0	0	.33	.55	2.51	3.29	1.35
EN1	.48	.02	0	0	0	.21	.28	1.83	2.31	.91
FS1	.50	.01	0	0	0	.11	.26	.45	.70	.33
DI	1.98	.05	0	0	0	.44	1.09	4.79	6.31	2.59
WO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
EN2	6.65	1.73	3.06	6.41	7.17	6.89	.62	9.59	8.55	12.51
FS2	6.96	1.21	4.65	4.05	4.35	3.58	.56	2.38	2.61	4.52
HY	13.61	2.94	7.71	10.45	11.53	10.47	1.18	11.97	11.15	17.03
FO1	0	0	0	0	0	0	0	0	.34	0
FY1	0	0	0	0	0	0	0	0	.12	0
OL	0	0	0	0	0	0	0	0	.46	0
MT	1.34	1.32	.84	4.36	5.18	4.88	.68	5.46	5.22	6.26
HM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
IL	2.03	.81	1.27	2.59	3.56	3.81	.29	5.65	4.61	4.70
RU	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AP	.65	.24	.58	1.28	1.81	2.36	.05	3.00	3.34	2.83

	1008805	1010200	1010300	1010800	1010801	1010803	1011202	1011602	1018001	1018004
	62	11	61	11	22	22	11	22	22	22
HAUPT- UND NEBENELEMENTE (GEW.-%)										
SIO2	60.04	71.81	67.77	60.69	57.78	55.03	76.20	54.00	51.88	51.01
AL2O3	16.46	13.86	15.12	15.61	15.66	16.31	12.44	14.20	15.58	15.48
FEO	5.16	1.36	3.24	4.44	5.26	4.97	.71	5.58	5.32	6.39
FE2O3	.91	.90	.57	2.96	3.51	3.31	.47	3.72	3.55	4.26
MGO	2.81	.69	1.21	2.53	2.83	2.80	.36	4.53	4.49	5.32
MNO	.09	.04	.05	.13	.15	.13	.04	.13	.14	.16
CAO	5.73	2.68	3.45	3.73	4.78	4.66	1.00	6.28	6.42	6.63
NA2O	2.74	3.34	2.69	1.49	1.14	3.41	3.93	2.54	4.13	2.47
K2O	2.81	3.47	3.31	4.72	4.38	4.49	4.33	3.49	3.04	3.10
TIO2	1.05	.42	.66	1.34	1.84	1.97	.15	2.94	2.39	2.44
P2O5	.27	.10	.24	.53	.75	.99	.02	1.25	1.39	1.18
GV	.69	.75	.51	.59	.54	.59	.61	.36	.42	1.43
SUMME	98.76	99.42	98.82	98.76	98.62	98.65	100.26	99.02	98.75	99.87
SPURENELEMENTE (PPM)										
V	151	344	99	189	198	295	17	258	239	366
CR	34	27	35	65	40	73	44	49	64	73
CO	42	40	12	6	11	20	1	23	18	30
NI	23	20	24	43	23	33	71	35	44	38
CU	31	36	18	39	39	36	32	42	55	27
ZN	31	114	164	190	134	141	275	130	130	139
GA	20	24	24	23	27	26	21	26	24	28
RB	92	68	122	96	86	90	107	70	56	44
SR	343	1041	339	867	1100	1091	143	1038	1293	1093
Y	29	50	24	53	60	53	16	47	53	39
ZR	188	309	143	2	306	534	149	305	246	335
NB	16	24	14	13	24	24	2	25	25	20
BA	835	1547	1133	2453	2582	2319	530	2048	2515	1700
PB	14	19	24	34	26	25	26	21	25	18
U2O3	1	1	2	2	1	1	1	1	1	1
CIPW-NORM (GEW.-%)										
Q	15.09	32.49	29.33	22.25	20.45	5.23	34.16	9.30	0	4.54
C	0	0	1.44	2.58	2.19	0	0	0	0	0
OR	16.91	20.77	19.88	28.37	26.34	27.01	25.67	20.86	18.23	18.57
AB	23.62	28.63	23.14	12.82	9.82	29.37	33.36	21.74	35.46	21.18
AN	24.77	12.74	15.80	15.30	19.14	16.22	3.53	17.23	15.22	22.29
PL	48.38	41.37	38.94	28.12	28.96	45.59	36.88	38.98	50.68	43.48
NE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
WO1	1.00	.03	0	0	0	.33	.55	2.51	3.29	1.35
EN1	.48	.02	0	0	0	.21	.28	1.83	2.31	.91
FS1	.50	.01	0	0	0	.11	.26	.45	.70	.33
DI	1.98	.05	0	0	0	.64	1.09	4.79	6.31	2.59
WO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
EN2	6.65	1.73	3.06	6.41	7.17	6.89	.62	9.59	8.55	12.51
FS2	6.96	1.21	4.65	4.05	4.35	3.58	.56	2.38	2.61	4.52
HY	13.61	2.94	7.71	10.45	11.53	10.47	1.18	11.97	11.15	17.03
FO1	0	0	0	0	0	0	0	0	.34	0
FY1	0	0	0	0	0	0	0	0	.12	0
OL	0	0	0	0	0	0	0	0	.46	0
MT	1.34	1.32	.84	4.36	5.18	4.88	.68	5.46	5.22	6.26
HM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
IL	2.03	.81	1.27	2.59	3.56	3.81	.29	5.65	4.61	4.70
RU	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AP	.65	.24	.58	1.28	1.81	2.36	.05	3.00	3.34	2.83

	1018005	1018006	1019800	1021400	1021600	1021601	1023800	1024201	1024202	1024400
	22	22	61	62	22	22	21	22	22	22
HAUPT- UND NEBENELEMENTE (GEW.-%)										
SIO2	50.76	51.68	59.80	61.63	58.37	60.00	53.01	59.87	59.82	50.17
AL2O3	15.38	15.55	17.43	20.58	17.67	17.07	15.48	15.00	15.40	15.06
FEO	5.49	4.99	4.95	2.66	3.66	3.80	5.17	4.98	4.29	5.98
FE2O3	3.66	3.33	.87	.47	2.44	2.53	3.45	3.32	2.86	3.99
MGO	4.68	5.51	2.16	.75	2.63	2.47	3.73	2.84	2.59	5.12
MNO	.11	.11	.08	.07	.07	.08	.11	.11	.10	.13
CAO	6.60	7.38	5.39	3.08	4.88	4.79	5.87	4.73	4.59	6.86
NA2O	4.44	3.45	4.15	4.52	3.68	2.21	4.23	1.76	2.78	3.48
K2O	2.96	2.81	2.14	4.57	3.05	3.05	3.43	4.09	4.55	2.68
TIO2	2.37	1.98	.98	.55	1.35	1.23	2.64	1.61	1.55	2.99
P2O5	1.18	1.03	.30	.10	.69	.58	1.19	.85	1.00	1.79
GV	1.42	1.56	.42	.60	.70	.70	.55	.36	.30	.56
SUMME	99.05	99.38	98.67	99.58	99.19	98.51	98.86	99.52	99.83	98.81
SPURENELEMENTE (PPM)										
V	353	231	116	52	185	170	277	246	212	410
CR	82	83	50	11	52	49	52	52	39	131
CO	23	35	12	5	22	17	12	18	17	36
NI	57	47	21	5	22	32	39	50	25	86
CU	44	41	16	16	20	41	34	126	22	44
ZN	194	97	120	107	111	133	183	126	126	128
GA	23	23	27	26	31	19	32	22	25	22
RB	41	51	74	107	88	84	84	89	90	63
SR	1061	1064	570	421	701	716	1200	794	845	1231
Y	45	39	32	37	43	39	62	56	47	43
ZR	138	92	394	248	37	206	477	237	449	435
NB	21	21	17	16	18	18	26	22	21	22
BA	1857	2221	1277	1717	1427	1726	2360	1882	1785	1401
PB	20	20	15	17	20	21	25	19	19	22
U2O3	1	1	1	4	1	2	1	1	1	1
CIPW-NORM (GEW.-%)										
Q	0	.56	10.99	8.74	11.78	22.19	1.07	20.26	13.92	1.98
C	0	0	0	2.86	1.11	2.87	0	1.12	0	0
OR	17.88	16.95	12.86	27.26	18.28	18.41	20.58	24.34	26.97	16.08
AB	37.89	29.79	35.71	38.61	31.58	19.10	36.34	15.00	23.60	29.90
AN	13.59	19.03	22.99	14.77	19.98	20.40	13.32	18.04	16.16	17.83
PL	51.48	48.82	58.70	53.38	51.56	39.49	49.67	33.03	39.75	47.73
NE	.28	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
WO1	5.01	4.79	.92	0	0	0	3.49	0	.06	2.03
EN1	3.52	3.46	.40	0	0	0	2.47	0	.03	1.47
FS1	1.07	.89	.52	0	0	0	.72	0	.02	.37
DI	9.60	9.14	1.84	0	0	0	6.67	0	.11	3.87
WO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
EN2	0	10.55	5.07	1.99	6.64	6.28	6.96	7.12	6.44	11.48
FS2	0	2.73	6.65	3.89	2.78	3.22	2.02	4.18	3.32	2.91
HY	0	13.28	11.72	5.77	9.42	9.50	8.98	11.30	9.76	14.39
FO1	5.89	0	0	0	0	0	0	0	0	0
FY1	1.98	0	0	0	0	0	0	0	0	0
OL	7.87	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MT	5.43	4.93	1.28	.69	3.59	3.75	5.08	4.85	4.16	5.87
HM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
IL	4.60	3.84	1.89	1.05	2.60	2.39	5.09	3.08	2.95	5.77
RU	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AP	2.86	2.49	.72	.24	1.66	1.40	2.86	2.03	2.38	4.31

	1026600	1026802	1027402	1027613	1030002	1030202	1030407	1030600	1031002	1031006
	22	11	11	33	31	22	22	22	22	31
HAUPT- UND NEBENELEMENTE (GEW.-%)										
SIO2	54.85	67.63	66.10	50.25	65.85	55.75	57.56	57.18	54.74	60.26
AL2O3	14.41	14.92	14.25	14.56	14.78	15.15	17.24	16.11	16.95	15.61
FEO	4.99	1.96	2.93	6.79	2.97	5.06	4.12	4.84	5.13	4.04
FE2O3	3.33	1.31	1.95	4.53	1.98	3.38	2.75	3.23	3.42	2.70
MGO	3.97	.82	2.06	6.41	1.30	3.98	2.05	2.78	3.36	1.88
MNO	.12	.10	.08	.15	.05	.11	.06	.10	.10	.06
CAO	5.28	3.48	3.65	7.11	2.50	5.97	3.68	4.73	5.28	3.72
NA2O	4.47	2.98	2.42	2.14	2.14	2.29	3.07	2.64	2.54	3.15
K2O	3.97	4.10	3.40	2.44	5.12	3.37	5.50	3.78	3.86	4.39
TIO2	2.05	.48	1.00	2.57	1.13	2.16	1.69	1.86	2.11	1.44
P2O5	1.25	.08	.44	1.34	.40	1.33	.70	1.02	1.24	.74
GV	.64	.54	.55	.59	.91	.63	.93	.53	.46	.57
SUMME	99.33	98.40	98.83	98.88	99.13	99.18	99.35	98.80	99.19	98.56
SPURENELEMENTE (PPM)										
V	214	63	140	351	117	233	212	241	286	154
CR	52	1	50	96	44	143	52	44	44	82
CO	18	8	12	41	10	16	14	23	35	10
NI	32	6	37	47	28	95	20	20	21	51
CU	34	10	26	31	37	49	26	28	28	44
ZN	143	119	163	117	149	154	100	133	109	162
GA	26	24	20	25	29	33	27	23	22	28
RB	90	132	87	50	148	98	104	93	86	121
SR	1042	230	600	1298	612	1043	1079	1024	1150	740
Y	47	38	24	38	34	40	41	43	50	48
ZR	213	280	320	336	752	571	868	607	622	682
NB	23	14	14	22	24	24	23	24	23	28
BA	2286	861	1351	1729	1372	1666	2719	1732	1337	829
PB	27	17	19	21	34	38	26	25	21	32
U2O3	1	2	1	2	5	2	1	1	1	1
CIPW-NORM (GEW.-%)										
Q	.65	26.05	28.73	6.03	27.13	13.21	8.57	14.58	10.90	15.36
C	0	0	1.02	0	2.17	.07	1.24	1.54	1.98	.70
OR	23.73	24.73	20.42	14.64	30.78	20.17	32.99	22.69	23.06	26.45
AB	38.25	25.74	20.81	18.38	18.42	19.63	26.37	22.70	21.73	27.17
AN	7.62	15.54	15.48	23.26	9.96	21.20	13.89	17.07	18.22	13.89
PL	45.87	41.28	36.30	41.64	28.38	40.82	40.26	39.77	40.03	41.06
NE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
WO1	4.43	.65	0	1.53	0	0	0	0	0	0
EN1	3.02	.31	0	1.06	0	0	0	0	0	0
FS1	1.06	.32	0	.34	0	0	0	0	0	0
DI	8.52	1.28	0	2.93	0	0	0	0	0	0
WO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
EN2	6.98	1.77	5.21	15.14	3.29	10.04	5.18	7.03	8.46	4.77
FS2	2.45	1.82	2.46	4.78	2.18	3.38	2.77	3.58	3.52	3.09
HY	9.43	3.59	7.67	19.92	5.47	13.42	7.95	10.61	11.98	7.87
FO1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
FY1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
OL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MT	4.88	1.94	2.87	6.67	2.92	4.96	4.05	4.76	5.01	3.99
HM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
IL	3.94	.93	1.93	4.95	2.18	4.16	3.26	3.59	4.05	2.79
RU	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AP	2.99	.19	1.06	3.22	.96	3.19	1.68	2.45	2.97	1.79

	1035201	1035202	1035405	1036000	1036802	1037000	1037601	1037602	1037800	1038000
	11	11	31	21	62	61	11	61	61	51
HAUPT- UND NEBENELEMENTE (GEW.-%)										
SIO2	70.37	72.22	71.66	51.43	48.12	69.64	69.68	73.80	74.73	69.04
AL2O3	14.25	13.85	14.12	12.91	16.61	14.11	14.02	13.42	13.44	13.48
FEO	1.58	1.68	1.05	8.20	7.97	2.51	1.44	1.69	1.06	2.94
FE2O3	1.05	1.12	.70	5.47	1.41	.44	.96	.30	.19	.52
MGO	.89	.80	.45	5.50	5.60	.57	.11	.39	.01	.53
MNO	.09	.14	.06	.21	.13	.09	.07	.04	.06	.13
CAO	2.20	2.14	1.25	8.34	6.64	3.94	5.12	2.43	1.65	5.15
NA2O	4.46	3.24	3.25	.94	3.42	2.54	2.83	1.55	1.32	2.09
K2O	3.65	3.33	5.78	1.84	2.93	4.00	3.18	4.78	6.30	3.93
TIO2	.43	.45	.26	3.53	2.35	.54	.32	.28	.18	.50
P2O5	.12	.19	.05	.48	1.47	.12	.63	.01	.07	.14
GV	.49	.46	.85	.14	2.28	.50	.59	.49	.73	.51
SUMME	99.58	99.62	99.48	98.99	98.93	99.00	98.95	99.18	99.74	98.96
SPURENELEMENTE (PPM)										
V	65	49	19	447	309	54	34	29	17	75
CR	41	46	8	50	93	95	23	14	18	25
CO	60	4	3	112	26	3	7	7	3	5
NI	26	42	12	48	51	62	16	23	17	13
CU	18	27	17	113	38	35	13	20	12	20
ZN	124	150	127	85	118	141	97	87	78	100
GA	21	21	26	17	28	31	25	20	21	20
RB	95	94	151	24	160	100	110	130	196	95
SR	272	274	209	558	1370	369	284	267	193	375
Y	29	26	27	33	16	32	16	10	19	27
ZR	141	225	349	104	315	205	255	225	199	111
NB	10	9	16	23	28	16	9	10	10	14
BA	1253	1118	801	609	2294	1895	728	690	657	2160
PB	15	18	24	11	54	23	18	19	35	14
U2O3	1	1	3	1	1	1	1	1	5	1
CIPW-NORM (GEW.-%)										
Q	24.64	34.74	27.26	14.57	0	30.10	32.59	40.08	39.17	30.65
C	0	1.49	.37	0	0	0	0	1.32	1.63	0
OR	21.75	19.81	34.61	10.97	17.88	23.97	19.09	28.61	37.59	23.56
AB	38.05	27.61	27.86	8.03	29.88	21.80	24.32	13.28	11.27	17.94
AN	8.15	9.44	5.95	25.81	22.01	15.50	16.41	12.14	7.80	16.02
PL	46.20	37.05	33.82	33.83	51.89	37.30	40.73	25.43	19.07	33.96
NE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
WO1	.86	0	0	5.34	.87	1.47	1.74	0	0	3.74
EN1	.47	0	0	3.53	.49	.43	.28	0	0	.88
FS1	.36	0	0	1.42	.35	1.11	1.61	0	0	3.09
DI	1.69	0	0	10.29	1.71	3.01	3.62	0	0	7.73
WO	0	0	0	0	0	0	.44	0	0	0
EN2	1.76	2.01	1.14	10.29	1.52	1.01	0	.98	.03	.46
FS2	1.32	1.95	1.16	4.12	1.10	2.63	0	2.57	1.73	1.60
HY	3.08	3.96	2.29	14.41	2.63	3.64	0	3.56	1.76	2.06
FO1	0	0	0	0	8.68	0	0	0	0	0
FY1	0	0	0	0	6.91	0	0	0	0	0
OL	0	0	0	0	15.59	0	0	0	0	0
MT	1.53	1.64	1.03	8.00	2.11	.65	1.41	.44	.28	.76
HM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
IL	.82	.86	.50	6.77	4.61	1.04	.62	.54	.35	.94
RU	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AP	.29	.45	.12	1.15	3.59	.29	1.52	.02	.17	.34

	1038200	1039000	1040000	1041202	1041802	1041803	1043000	1044200	1046402	1046404
	51	51	22	61	61	33	62	62	61	63
HAUPT- UND NEBENELEMENTE (GEW.-%)										
SIO2	65.79	65.61	52.33	68.81	68.61	53.49	58.64	51.96	68.83	83.57
AL2O3	15.86	17.42	16.09	15.32	15.27	13.38	14.29	15.77	13.12	5.47
FEO	3.10	2.48	6.06	2.61	2.60	6.59	4.39	4.47	5.33	1.78
FE2O3	.55	.44	4.04	.46	.46	4.40	.78	.79	.94	.31
MGO	.68	1.05	4.64	.47	.47	6.97	3.84	4.07	2.52	.74
MNO	.08	.04	.13	.09	.09	.18	.15	.09	.11	.11
CAO	4.73	4.55	5.54	2.46	2.46	9.44	15.40	19.83	1.87	5.47
NA2O	2.70	4.24	3.14	1.88	1.87	1.87	.69	.69	1.18	.35
K2O	4.24	2.81	2.99	6.34	6.32	1.28	.14	.30	2.93	.24
TIO2	.53	.55	2.25	.57	.57	1.19	.50	.57	.76	.31
P2O5	.14	.01	1.13	.14	.14	.17	.01	.02	.01	.15
GV	.55	.43	.67	.22	.50	.38	.90	.84	.93	.51
SUMME	98.95	99.63	99.01	99.37	99.36	99.34	99.73	99.40	98.53	99.01
SPURENELEMENTE (PPM)										
V	68	70	292	6	57	221	91	107	156	39
CR	40	2	74	121	31	68	21	53	86	122
CO	7	10	37	1	9	21	36	28	18	3
NI	28	1	30	120	27	34	8	39	54	108
CU	25	22	24	69	13	24	13	19	27	50
ZN	103	86	119	256	84	118	102	191	162	204
GA	26	23	29	21	20	27	19	18	29	27
RB	88	69	131	21	192	113	8	10	412	36
SR	358	427	1116	15	485	1053	431	493	143	114
Y	32	29	23	14	49	41	51	38	0	30
ZR	160	292	373	321	450	503	164	108	259	235
NB	15	12	27	8	18	23	15	14	31	2
BA	1345	1358	1604	21	1110	1785	112	533	476	367
PB	16	12	34	14	35	31	6	7	124	14
U2O3	1	1	2	1	1	3	1	3	1	1
CIPW-NORM (GEW.-%)										
Q	22.16	17.98	5.02	26.50	26.52	9.01	21.18	8.02	40.22	70.78
C	0	0	.33	1.24	1.23	0	0	0	4.74	0
OR	25.44	16.73	17.93	37.75	37.74	7.63	.84	1.80	17.72	1.44
AB	23.20	36.15	26.97	16.03	15.99	15.96	5.90	5.92	10.22	3.00
AN	18.92	20.36	20.40	11.37	11.41	24.54	35.85	39.58	9.43	12.82
PL	42.12	56.51	47.37	27.40	27.40	40.50	41.74	45.50	19.65	15.83
NE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
WO1	1.66	.97	0	0	0	9.01	17.23	18.09	0	4.76
EN1	.46	.42	0	0	0	5.93	9.49	10.27	0	1.87
FS1	1.28	.55	0	0	0	2.45	7.10	7.04	0	2.95
DI	3.40	1.94	0	0	0	17.37	33.82	35.41	0	9.58
WO	0	0	0	0	0	0	0	6.95	0	.96
EN2	1.26	2.22	11.73	1.18	1.18	11.59	.17	0	6.42	0
FS2	3.46	2.91	4.63	3.84	3.83	4.79	.13	0	8.36	0
HY	4.71	5.12	16.35	5.01	5.01	16.37	.29	0	14.78	0
FO1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
FY1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
OL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MT	.81	.64	5.94	.67	.67	6.43	1.14	1.16	1.39	.46
HM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
IL	1.02	1.05	4.34	1.09	1.09	2.28	.96	1.10	1.48	.60
RU	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AP	.34	.02	2.72	.33	.34	.41	.02	.05	.02	.36

	1049200	1049400	1053201	1053202	1053601	1053602	1053603	1054001	1054004	1054005
	11	11	51	51	51	12	51	51	51	51
HAUPT- UND NEBENELEMENTE (GEW.-%)										
SIO2	78.81	68.84	61.03	67.99	67.67	68.14	65.83	72.75	66.38	65.37
AL2O3	10.82	14.24	18.93	15.86	14.14	14.82	14.42	13.86	15.25	14.87
FEO	.66	2.04	3.67	2.71	3.00	4.16	3.92	1.88	3.67	3.80
FE2O3	.44	1.36	.65	.48	.53	.73	.69	.33	.65	.67
MGO	.01	.49	.92	.65	1.23	.99	1.60	.48	1.39	1.62
MNO	.07	.08	.10	.07	.07	.08	.09	.04	.09	.10
CAO	1.95	2.64	3.60	2.94	4.26	4.38	3.99	.96	3.49	3.78
NA2O	.99	2.56	4.55	3.86	3.42	2.79	4.00	1.28	2.29	3.36
K2O	5.46	5.73	3.65	3.78	2.93	1.99	2.16	4.39	3.02	2.70
TIO2	.08	.66	.76	.58	.56	.70	.64	.32	.63	.61
P2O5	.14	.01	.17	.01	.17	.19	.23	.09	.22	.17
GV	.37	.58	.79	.83	.65	.52	.78	3.10	1.52	1.53
SUMME	99.80	99.23	98.82	99.76	98.63	99.49	98.35	99.48	98.60	98.58
SPURENELEMENTE (PPM)										
V	67	68	95	82	95	255	130	57	97	69
CR	1	1	61	43	54	44	680	17	34	47
CO	4	6	5	5	12	23	18	6	18	18
NI	14	4	22	22	22	23	46	17	22	32
CU	19	9	15	15	13	24	20	21	25	10
ZN	86	118	131	115	76	126	167	130	140	154
GA	19	30	33	26	23	24	22	19	23	25
RB	153	253	277	97	100	273	99	112	89	82
SR	86	278	441	399	330	936	313	152	250	246
Y	10	26	5	33	68	14	33	3	39	30
ZR	167	550	374	333	158	398	241	99	152	158
NB	5	25	30	16	10	30	12	8	14	10
BA	168	1123	2532	2235	801	1528	721	849	1007	907
PB	24	34	52	14	14	80	16	17	14	12
U2O3	1	2	1	1	4	2	1	1	1	1
CIPW-NORM (GEW.-%)										
Q	48.15	25.71	9.75	22.29	25.75	31.45	22.55	46.37	30.94	23.52
C	.07	0	1.38	.10	0	.57	0	5.68	2.46	0
OR	32.42	34.29	21.98	22.56	17.66	11.87	13.07	26.90	18.36	16.42
AB	8.42	21.94	39.23	32.99	29.51	23.83	34.65	11.23	19.94	29.26
AN	8.80	10.58	17.07	14.67	14.87	20.68	15.37	4.33	16.34	18.03
PL	17.22	32.52	56.30	47.66	44.38	44.51	50.02	15.56	36.28	47.29
NE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
WO1	0	1.10	0	0	2.32	0	1.40	0	0	.05
EN1	0	.44	0	0	.96	0	.57	0	0	.02
FS1	0	.66	0	0	1.38	0	.84	0	0	.03
DI	0	2.20	0	0	4.65	0	2.82	0	0	.11
WO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
EN2	.03	.79	2.33	1.64	2.17	2.49	3.51	1.24	3.56	4.13
FS2	.98	1.19	5.42	3.92	3.12	6.24	5.20	2.90	5.66	5.93
HY	1.01	1.98	7.75	5.56	5.28	8.73	8.71	4.14	9.22	10.06
FO1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
FY1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
OL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MT	.64	2.00	.96	.70	.78	1.07	1.02	.50	.97	1.00
HM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
IL	.15	1.27	1.47	1.11	1.08	1.34	1.24	.63	1.23	1.19
RU	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AP	.33	.02	.41	.02	.41	.45	.56	.22	.54	.41

	1054201	1054202	1054203	1054801	1060400	1100301	1100302	1100500	1100513	1100600
	51	51	51	61	61	11	11	22	11	22
HAUPT- UND NEBENELEMENTE (GEW.-%)										
SIO2	70.24	60.38	74.94	66.13	68.82	76.48	75.53	52.27	72.89	52.89
AL2O3	13.52	14.87	12.77	14.92	14.34	12.20	12.15	15.06	14.30	16.19
FEO	3.00	5.78	1.31	4.40	2.13	.85	1.13	6.80	1.16	5.82
FE2O3	.53	1.02	.23	.78	.38	.57	.75	4.53	.77	3.88
MGO	1.40	2.70	.06	1.69	1.20	.67	.18	6.34	.36	5.47
MNO	.07	.10	.04	.08	.06	.08	.03	.18	.04	.13
CAO	3.09	4.11	1.96	5.14	2.40	.80	.96	6.72	.48	6.22
NA2O	2.29	1.86	2.33	2.69	4.28	3.35	3.20	2.26	1.45	3.12
K2O	3.66	4.16	4.31	1.69	4.10	4.75	4.90	2.52	5.71	2.93
TIO2	.54	1.65	.25	.86	.34	.18	.11	2.09	.23	1.92
P2O5	.14	.97	.01	.22	.13	.03	.10	.96	.12	.97
GV	.53	.81	1.03	.55	.40	.60	.71	.28	2.52	.50
SUMME	99.01	98.41	99.24	99.15	98.58	100.56	99.75	100.01	100.03	100.04
SPURENELEMENTE (PPM)										
V	84	168	29	160	27	26	44	316	418	274
CR	13	83	27	56	12	46	32	177	78	143
CO	6	11	3	17	2	1	5	40	35	37
NI	15	49	45	38	15	56	87	99	92	80
CU	24	35	28	26	19	37	15	55	62	30
ZN	178	177	121	155	133	187	190	139	138	146
GA	19	29	18	23	19	21	18	26	22	27
RB	103	430	131	64	104	117	99	55	41	71
SR	323	693	305	418	278	137	102	1238	1958	995
Y	24	1	13	51	25	16	8	30	36	54
ZR	132	452	164	191	188	129	50	433	69	381
NB	11	36	6	14	11	6	5	24	23	21
BA	1052	1798	1196	1147	1259	1200	668	1391	2581	793
PB	18	239	26	13	17	23	16	28	36	24
U2O3	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1
CIPW-NORM (GEW.-%)										
Q	33.05	20.63	40.45	28.69	21.26	35.68	35.82	6.40	41.82	3.26
C	.52	2.21	.75	0	0	.17	.08	0	5.28	0
OR	21.94	25.15	25.92	10.12	24.66	28.06	29.23	14.90	34.59	17.34
AB	19.66	16.10	20.07	23.06	36.86	28.33	27.33	19.13	12.58	26.47
AN	14.63	14.38	9.83	23.96	7.95	3.77	4.15	23.51	1.64	21.58
PL	34.29	30.48	29.90	47.02	44.81	32.11	31.48	42.64	14.21	48.05
NE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
WO1	0	0	0	.18	1.38	0	0	1.49	0	1.26
EN1	0	0	0	.07	.65	0	0	1.00	0	.86
FS1	0	0	0	.11	.71	0	0	.38	0	.30
DI	0	0	0	.35	2.74	0	0	2.86	0	2.42
WO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
EN2	3.54	6.88	.15	4.19	2.39	1.67	.45	14.80	.92	12.80
FS2	4.50	7.59	1.99	6.29	2.61	1.09	1.40	5.59	1.29	4.51
HY	8.04	14.47	2.14	10.48	5.00	2.76	1.85	20.39	2.21	17.31
FO1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
FY1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
OL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MT	.78	1.51	.34	1.15	.56	.83	1.10	6.57	1.14	5.64
HM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
IL	1.04	3.21	.48	1.65	.65	.34	.21	3.97	.45	3.66
RU	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AP	.34	2.35	.02	.53	.31	.07	.24	2.27	.29	2.30

	1100701	1100702	1100902	1100903	1100904	1101401	1101402	1103501	1103502	1104800
	22	22	61	62	61	11	41	61	62	31
HAUPT- UND NEBENELEMENTE (GEW.-%)										
SIO2	45.24	42.35	64.36	62.44	66.62	71.23	66.03	54.64	61.23	77.06
AL2O3	16.66	15.00	16.61	17.20	15.89	14.81	14.70	6.06	14.34	12.73
FEO	8.03	8.41	3.57	3.28	3.40	1.06	3.98	4.78	4.58	.36
FE2O3	5.35	5.60	.63	.58	.60	.71	.70	.84	.81	.24
MGO	5.87	6.23	.92	.80	1.17	.42	1.22	11.72	5.64	.28
MNO	.19	.20	.11	.11	.10	.03	.11	.24	.12	.08
CAO	7.71	8.07	2.99	2.93	3.65	1.58	2.38	18.48	9.40	.51
NA2O	2.83	3.79	3.11	3.13	3.43	3.08	2.25	.75	.69	3.31
K2O	2.64	2.74	6.11	7.21	3.54	5.56	5.17	.50	.92	5.54
TIO2	2.83	3.39	.78	.81	.66	.34	.83	.32	.59	.02
P2O5	1.34	2.01	.22	.29	.06	.10	.30	.25	.02	.15
GV	.56	.34	.49	.58	.57	.80	.84	.65	1.07	.58
SUMME	99.25	98.13	99.90	99.36	99.69	99.71	98.51	99.23	99.41	100.86
SPURENELEMENTE (PPM)										
V	103	654	102	69	88	23	323	99	127	4
CR	26	55	15	18	27	9	94	88	44	1
CO	10	36	9	5	9	6	35	37	36	1
NI	18	23	2	1	15	5	66	45	22	14
CU	23	29	17	33	17	10	50	10	12	13
ZN	156	163	93	86	120	110	110	86	109	134
GA	28	30	24	27	24	21	23	16	22	20
RB	132	59	83	84	85	124	44	17	81	201
SR	327	1299	382	411	457	304	1443	151	426	35
Y	141	53	31	32	42	51	44	18	46	21
ZR	1290	361	829	716	301	363	207	76	229	144
NB	25	27	20	28	15	12	20	10	14	7
BA	1032	2232	1545	2432	1498	820	1874	290	298	69
PB	17	22	9	10	14	19	23	5	11	39
U2O3	1	1	1	1	1	3	1	4	3	1
CIPW-NORM (GEW.-%)										
Q	0	0	13.46	8.20	21.65	28.21	25.01	5.14	25.15	35.06
C	0	0	0	0	0	1.10	1.83	0	0	.72
OR	15.77	16.51	36.27	43.08	21.08	33.21	31.24	2.99	5.52	32.62
AB	24.20	18.00	26.44	26.78	29.25	26.34	19.47	6.42	5.93	27.91
AN	25.22	16.13	13.38	11.72	17.64	7.26	10.07	11.83	33.83	1.54
PL	49.42	34.13	39.82	38.49	46.89	33.60	29.54	18.25	39.76	29.45
NE	0	7.96	0	0	0	0	0	0	0	0
AC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
WO1	1.91	4.72	.03	.44	.09	0	0	33.10	5.59	0
EN1	1.24	3.15	.01	.14	.03	0	0	23.44	3.48	0
FS1	.54	1.21	.02	.32	.06	0	0	6.79	1.78	0
DI	3.70	9.08	.07	.91	.18	0	0	63.33	10.85	0
WO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
EN2	1.53	0	2.29	1.88	2.90	1.03	3.11	6.09	10.79	.69
FS2	.67	0	5.16	4.34	5.01	.92	5.90	1.76	5.54	.72
HY	2.20	0	7.45	6.22	7.92	1.95	9.01	7.85	16.33	1.42
FO1	8.41	8.87	0	0	0	0	0	0	0	0
FY1	4.03	3.76	0	0	0	0	0	0	0	0
OL	12.44	12.63	0	0	0	0	0	0	0	0
MT	7.84	8.28	.92	.85	.88	1.04	1.04	1.23	1.19	.35
HM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
IL	5.43	6.56	1.49	1.56	1.26	.65	1.61	.61	1.14	.04
RU	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AP	3.21	4.85	.52	.69	.14	.24	.73	.60	.05	.35

	1105300	1105301	1105500	1105600	1105601	1105602	1105604	1105606	1110100	1115300
	22	11	22	22	22	11	11	33	11	22
HAUPT- UND NEBENELEMENTE (GEW.-%)										
SIO2	52.62	61.57	50.07	53.07	58.09	62.36	65.86	52.15	72.07	51.96
AL2O3	15.25	15.16	15.71	13.59	15.33	15.09	17.79	13.37	14.26	14.64
FEO	4.95	4.14	5.31	6.92	4.44	4.12	1.74	6.82	1.45	5.87
FE2O3	3.30	2.76	3.54	4.61	2.96	2.74	1.16	4.54	.97	3.92
MGO	4.42	2.58	5.72	3.93	2.83	2.48	.63	6.13	1.14	4.52
MNO	.10	.10	.11	.15	.13	.11	.04	.24	.04	.11
CAO	6.01	3.93	8.45	6.82	5.01	4.03	1.75	9.97	2.59	6.47
NA2O	4.11	2.63	2.93	1.84	3.17	.36	2.94	2.37	3.40	3.58
K2O	3.73	3.67	1.99	2.89	3.97	4.68	6.51	1.11	3.53	2.54
TIO2	2.55	1.54	2.98	2.89	2.13	1.39	.58	1.24	.46	3.18
P2O5	1.64	.71	1.94	1.29	1.06	.60	.21	.23	.11	1.94
GV	.61	.61	.56	.40	.78	.42	.59	.64	.60	.55
SUMME	99.29	99.40	99.31	98.40	99.90	98.38	99.80	98.81	100.62	99.28
SPURENELEMENTE (PPM)										
V	256	168	208	426	198	65	302	65	55	78
CR	43	77	62	43	57	42	67	53	38	21
CO	21	15	12	40	12	6	115	6	6	6
NI	31	54	39	23	40	23	4	46	24	12
CU	43	26	31	40	32	17	83	30	18	18
ZN	118	176	132	152	208	106	94	318	120	130
GA	23	30	24	24	29	24	16	20	20	23
RB	89	98	75	62	66	119	32	97	88	155
SR	1249	721	767	1090	1040	629	266	329	311	490
Y	50	40	54	53	58	23	38	33	24	36
ZR	269	707	344	465	500	221	2	113	98	470
NB	19	21	18	24	22	15	18	11	10	19
BA	2256	909	2083	1583	2006	2011	632	1320	1375	1409
PB	30	24	19	20	24	26	10	25	15	29
U2O3	3	1	1	2	1	1	1	1	1	3
CIPW-NORM (GEW.-%)										
Q	0	20.75	4.41	13.69	11.80	30.74	19.24	6.38	31.26	5.78
C	0	1.43	0	0	0	3.61	3.25	0	.40	0
OR	22.29	21.92	11.88	17.39	23.62	28.19	38.76	6.66	20.85	15.17
AB	35.18	22.50	25.05	15.85	27.01	3.11	25.06	20.37	28.75	30.42
AN	12.29	15.02	24.09	20.45	15.99	16.38	7.36	22.93	12.12	16.55
PL	47.46	37.51	49.14	36.51	43.00	19.49	32.43	43.30	40.87	47.17
NE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
WO1	2.94	0	2.28	2.18	.86	0	0	10.77	0	1.29
EN1	2.16	0	1.76	1.38	.58	0	0	6.75	0	.94
FS1	.50	0	.29	.66	.22	0	0	3.37	0	.23
DI	5.59	0	4.32	4.21	1.66	0	0	20.89	0	2.45
WO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
EN2	8.84	6.50	12.64	8.59	6.52	6.30	1.58	8.76	2.84	10.44
FS2	2.03	3.19	2.05	4.11	2.47	3.48	1.44	4.37	1.25	2.50
HY	10.86	9.68	14.69	12.70	8.99	9.78	3.02	13.14	4.09	13.94
FO1	.10	0	0	0	0	0	0	0	0	0
FY1	.02	0	0	0	0	0	0	0	0	0
OL	.12	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MT	4.84	4.05	5.19	6.81	4.32	4.05	1.69	6.69	1.41	5.74
HM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
IL	4.90	2.96	5.72	5.59	4.07	2.69	1.11	2.39	.87	6.10
RU	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AP	3.93	1.70	4.64	3.11	2.53	1.45	.50	.55	.26	4.64

	1116301	1116302	1117300	1118701	1118702	1119100	1119701	1122500	1124900	1127500
	11	22	22	22	11	21	11	32	22	21
HAUPT- UND NEBENELEMENTE (GEW.-%)										
SIO2	65.65	56.85	52.70	51.52	69.48	49.24	61.80	76.85	54.31	40.90
AL2O3	17.55	15.48	3.88	15.31	15.03	16.26	17.59	12.45	18.92	15.93
FEO	2.18	5.13	5.37	5.90	1.68	4.53	2.94	.69	3.84	6.60
FE2O3	1.45	3.42	3.58	3.93	1.12	3.02	1.96	.46	2.56	4.40
MGO	.95	3.47	15.41	5.30	.90	6.81	2.37	.01	2.60	4.91
MNO	.63	.12	.12	.20	.05	.08	.11	.04	.10	.13
CAO	1.52	5.85	6.06	6.62	2.69	10.30	5.76	.10	5.80	7.25
NA2O	1.87	1.49	4.18	2.94	3.78	3.60	3.32	1.48	3.98	2.61
K2O	6.84	3.52	3.08	2.36	3.53	1.99	2.68	7.64	3.64	3.27
TIO2	.62	2.38	2.49	2.26	.44	1.84	.78	.02	1.23	2.96
P2O5	.23	.94	1.14	1.04	.12	.80	.19	.04	.59	1.71
GV	.79	.77	.57	1.85	.46	.52	.34	.77	1.69	.21
SUMME	100.28	99.42	98.58	99.23	99.28	98.99	99.84	100.55	99.26	90.88
SPURENELEMENTE (PPM)										
V	296	242	277	53	82	189	101	32	163	365
CR	29	110	95	44	82	75	10	28	83	39
CO	35	18	40	5	6	51	18	5	17	32
NI	20	72	55	39	58	45	1	38	43	26
CU	32	42	42	22	26	35	14	14	19	56
ZN	110	139	101	193	220	79	121	190	134	131
GA	24	25	23	22	26	18	25	19	32	24
RB	80	81	54	156	120	35	46	254	145	47
SR	871	1057	1298	866	324	1545	555	20	739	1454
Y	59	49	44	9	27	33	40	1	44	49
ZR	207	539	140	197	180	81	615	231	450	385
NB	22	22	22	14	12	17	18	14	24	25
BA	1616	1573	2211	1585	1233	1942	984	321	1375	1888
PB	19	25	25	55	30	23	11	48	26	25
U2O3	2	1	1	1	1	1	1	1	1	3
CIPW-NORM (GEW.-%)										
Q	22.66	18.46	.52	5.22	26.78	0	16.10	38.50	1.55	0
C	4.85	.84	0	0	.39	0	0	1.66	0	0
OR	40.36	21.05	7.64	14.28	21.10	11.93	15.90	45.23	22.02	21.26
AB	15.80	12.76	2.72	25.48	32.35	25.66	28.20	12.55	34.47	19.97
AN	6.03	23.15	0	22.13	12.70	22.65	25.27	.24	23.55	24.31
PL	21.83	35.91	2.72	47.61	45.05	48.31	53.47	12.78	58.02	44.29
NE	0	0	0	0	0	2.83	0	0	0	2.34
AC	0	0	10.04	0	0	0	0	0	0	0
NS	0	0	4.69	0	0	0	0	0	0	0
WO1	0	0	9.15	1.90	0	9.97	.90	0	.82	1.24
EN1	0	0	7.05	1.30	0	7.57	.57	0	.51	.86
FS1	0	0	1.14	.45	0	1.38	.28	0	.26	.29
DI	0	0	17.34	3.65	0	18.91	1.75	0	1.58	2.38
WO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
EN2	2.36	8.75	30.16	12.22	2.27	0	5.36	.02	6.12	0
FS2	4.12	3.15	4.87	4.26	1.64	0	2.63	1.00	3.10	0
HY	6.48	11.89	35.03	16.48	3.90	0	7.99	1.03	9.22	0
FO1	0	0	0	0	0	6.75	0	0	0	8.83
FY1	0	0	0	0	0	1.35	0	0	0	3.25
OL	0	0	0	0	0	8.10	0	0	0	12.09
MT	2.10	5.02	4.82	5.84	1.64	4.44	2.85	.67	3.80	7.02
HM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
IL	1.15	4.57	4.58	4.40	.85	3.54	1.49	.04	2.39	6.19
PU	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AP	.54	2.25	2.62	2.52	.29	1.42	.45	.09	1.43	4.46

	1128500	1128508	1129500	1129702	1129900	1130101	1130102	1130103	1130500	1130700
	31	11	11	21	11	41	33	11	61	61
HAUPT- UND NEBENELEMENTE (GEW.-%)										
SIO2	63.31	62.00	74.99	49.32	65.42	72.97	51.03	68.98	73.90	71.57
AL2O3	15.98	15.95	14.17	16.07	16.77	12.40	15.26	15.77	11.90	14.61
FEO	3.06	3.02	.50	6.08	2.44	1.24	5.91	2.09	2.56	1.94
FE2O3	2.04	2.01	.34	4.05	1.63	.22	3.94	1.39	.45	.34
MGO	1.59	1.95	.30	6.23	.59	.01	6.54	1.02	.87	1.25
MNO	.10	.05	.01	.13	.14	.06	.12	.07	.06	.04
CAO	4.13	3.85	.32	7.10	2.32	2.97	5.96	3.83	1.04	2.12
NA2O	2.89	3.42	2.06	2.91	2.34	2.94	2.93	3.06	1.78	1.72
K2O	4.98	5.08	4.87	3.10	6.08	5.18	3.29	2.52	3.89	5.18
TIO2	1.25	1.37	.01	2.39	.84	.23	2.22	.52	.47	.44
P2O5	.51	.60	.01	1.70	.19	.10	1.40	.01	.08	.14
GV	.46	.79	1.56	.86	.84	.44	.91	.56	2.08	.74
SUMME	100.30	100.09	99.14	99.94	99.60	98.76	99.51	99.82	99.08	100.09
SPURENELEMENTE (PPM)										
V	123	117	29	373	88	21	312	49	103	3
CR	17	38	36	121	43	33	165	39	34	16
CO	11	9	5	47	8	2	28	10	7	5
NI	11	18	47	57	25	41	100	19	35	40
CU	24	18	21	26	20	25	37	11	19	45
ZN	94	103	266	105	123	110	115	108	175	359
GA	25	26	23	25	26	22	25	24	19	16
RB	76	84	164	70	125	60	216	92	137	15
SR	885	886	72	1121	560	509	1344	378	152	8
Y	44	41	8	41	65	11	13	32	11	3
ZR	368	330	90	414	682	130	325	229	255	250
NB	17	17	5	23	19	9	29	13	10	1
BA	197	2304	492	1522	1528	1715	2260	1246	556	203
PB	20	21	18	19	23	30	82	14	20	9
U2O3	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1
CIPW-NORM (GEW.-%)										
Q	16.91	12.89	44.03	0	22.44	31.46	1.21	31.09	44.96	34.71
C	0	0	5.07	0	2.60	0	0	1.08	3.15	2.67
OR	29.44	30.21	29.49	18.45	36.32	31.11	19.68	14.99	23.68	30.80
AB	24.46	29.12	17.86	24.80	20.02	25.29	25.10	26.07	15.52	14.64
AN	15.93	13.25	1.56	21.78	10.38	5.43	19.00	19.06	4.78	9.66
PL	40.39	42.37	19.42	46.58	30.40	30.71	44.09	45.13	20.29	24.30
NE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
WO1	.52	.85	0	1.04	0	1.76	.70	0	0	0
EN1	.31	.57	0	.74	0	.03	.50	0	0	0
FS1	.18	.21	0	.21	0	1.97	.13	0	0	0
DI	1.00	1.63	0	2.00	0	3.76	1.33	0	0	0
WO	0	0	0	0	0	1.95	0	0	0	0
EN2	3.65	4.32	.77	13.16	1.49	0	15.99	2.55	2.23	3.13
FS2	2.07	1.61	.67	3.70	2.29	0	4.30	2.11	3.89	2.72
HY	5.72	5.93	1.44	16.86	3.78	0	20.28	4.66	6.12	5.85
FO1	0	0	0	1.20	0	0	0	0	0	0
FY1	0	0	0	.37	0	0	0	0	0	0
OL	0	0	0	1.58	0	0	0	0	0	0
MT	2.96	2.93	.51	5.91	2.39	.32	5.78	2.03	.67	.50
HM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
IL	2.37	2.62	.02	4.57	1.61	.44	4.27	.99	.92	.84
RU	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AP	1.21	1.43	.02	4.06	.45	.24	3.36	.02	.20	.33

	1131300	1131500	1131302	1132102	1132700	1133101	1133102	1133301	1134301	1134302
	63	61	62	22	11	11	22	11	22	31
HAUPT- UND NEBENELEMENTE (GEW.-%)										
SIO2	80.10	77.54	67.49	54.02	68.22	68.28	52.25	63.30	52.09	75.50
AL2O3	5.62	11.49	14.69	16.58	15.93	14.88	14.94	14.18	14.80	12.63
FEO	1.55	2.30	3.04	5.14	2.00	2.15	5.66	4.12	5.34	.98
FE2O3	.27	.41	.54	3.43	1.33	1.43	3.77	2.74	3.56	.65
MGO	3.43	.32	.68	3.78	.82	1.45	4.29	2.69	5.08	.01
MNO	.06	.09	.10	.09	.07	.06	.15	.11	.11	.03
CAO	7.10	4.30	4.81	4.65	1.25	3.33	6.16	4.19	6.11	1.33
NA2O	.21	.35	2.13	4.27	1.78	2.89	2.46	.64	3.63	2.17
K2O	.11	1.51	3.90	3.12	6.10	2.78	3.65	3.98	3.53	5.43
TIO2	.17	.28	.61	1.99	.63	.62	2.90	1.37	2.80	.20
P2O5	.25	.29	.13	1.53	.20	.22	1.63	.72	1.69	.01
GV	.90	1.10	.73	.70	1.12	1.04	1.40	.71	.59	.38
SUMME	99.77	99.98	98.85	99.30	99.45	99.13	99.26	98.75	99.33	99.37
SPURENELEMENTE (PPM)										
V	25	43	59	269	36	70	299	166	302	19
CR	50	72	1	29	71	46	52	43	70	19
CO	5	5	9	38	5	5	22	18	29	4
NI	50	74	3	21	26	43	36	28	49	37
CU	31	42	18	30	23	24	38	23	52	17
ZN	136	198	95	130	138	195	164	154	112	109
GA	19	24	22	29	26	25	26	26	22	22
RB	10	83	145	121	161	98	93	136	76	138
SR	94	137	254	664	456	393	890	829	1136	614
Y	20	40	26	98	45	21	48	59	47	15
ZR	144	225	246	459	452	246	427	258	239	269
NB	3	5	12	25	21	11	25	21	24	8
BA	355	128	697	1071	1613	1311	1530	1644	2050	1317
PB	7	20	23	21	32	20	22	36	22	37
U2O3	4	3	1	4	2	1	3	6	2	6
CIPW-NORM (GEW.-%)										
Q	62.54	59.75	28.54	4.35	30.86	31.84	7.95	32.41	1.59	39.19
C	0	2.18	0	1.40	4.68	1.62	0	2.98	0	.80
OR	.66	9.01	23.46	18.67	36.63	16.74	21.99	23.95	21.08	32.42
AB	1.80	2.99	18.35	36.58	15.30	24.91	21.22	5.52	31.05	18.55
AN	14.22	19.64	19.35	13.23	4.97	15.36	19.31	16.38	13.81	6.60
PL	16.01	22.63	37.70	49.82	20.28	40.28	40.53	21.89	44.86	25.15
NE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
WO1	8.24	0	1.70	0	0	0	.41	0	2.37	0
EN1	5.80	0	.49	0	0	0	.29	0	1.76	0
FS1	1.74	0	1.29	0	0	0	.08	0	.37	0
DI	15.77	0	3.49	0	0	0	.79	0	4.50	0
WO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
EN2	2.84	.81	1.24	9.53	2.08	3.68	10.60	6.82	11.02	.03
FS2	.85	3.80	3.29	3.70	1.82	2.00	3.02	3.51	2.31	1.05
HY	3.69	4.60	4.52	13.23	3.90	5.68	13.62	10.34	13.33	1.08
FO1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
FY1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
OL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MT	.40	.60	.80	5.04	1.96	2.11	5.57	4.05	5.22	.95
HM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
IL	.33	.54	1.18	3.83	1.22	1.20	5.61	2.65	5.37	.38
RU	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AP	.60	.69	.31	3.67	.48	.53	3.94	1.74	4.05	.02

	1134501	1134502	1135702	1136101	1136102	1137100	1137301	1137302	1137500	1139700
	11	22	22	22	11	11	22	11	11	22
HAUPT- UND NEBENELEMENTE (GEW.-%)										
SIO2	61.14	53.56	57.71	58.81	68.25	71.11	52.75	66.18	72.33	59.04
AL2O3	17.46	15.63	14.03	14.74	16.89	14.29	15.43	15.13	13.61	15.91
FEO	2.98	5.13	4.62	4.69	.96	1.43	5.26	2.49	1.18	4.00
FE2O3	1.99	3.42	3.08	3.13	.64	.95	3.51	1.66	.79	2.67
MGO	1.70	4.50	3.88	2.82	.01	.65	5.08	1.19	.19	2.64
MNO	.01	.12	.11	.11	.03	.05	.12	.10	.06	.07
CAO	3.61	6.46	5.47	4.71	2.56	2.72	6.87	3.43	2.98	3.96
NA2O	3.87	2.32	2.79	2.21	2.44	3.90	2.81	2.89	3.02	3.19
K2O	5.36	2.96	4.11	3.98	6.73	3.50	3.18	4.44	3.97	5.38
TIO2	.87	2.46	1.84	2.00	.35	.42	2.39	.81	.32	1.63
P2O5	.43	1.81	1.07	1.03	.01	.08	1.44	.36	.05	.75
GV	.48	.65	.50	.75	.60	.36	.48	.48	.65	.44
SUMME	99.90	99.02	99.21	98.98	99.47	99.46	99.32	99.16	99.15	99.68
SPURENELEMENTE (PPM)										
V	98	242	260	312	20	49	286	90	39	188
CR	55	71	41	39	1	14	66	17	45	23
CO	11	24	34	19	3	3	29	10	5	14
NI	29	43	20	20	15	43	38	12	7	4
CU	20	30	23	26	15	32	37	17	13	21
ZN	108	121	127	142	51	208	149	121	99	122
GA	26	30	28	26	20	25	23	25	18	29
RB	154	201	104	144	160	115	97	117	11	129
SR	798	1007	901	713	776	287	1078	727	289	989
Y	32	24	47	54	19	18	44	35	19	59
ZR	541	499	612	668	284	235	497	797	242	698
NB	21	30	23	26	12	6	25	19	4	26
BA	1826	1377	974	1175	1958	764	1279	1304	631	2093
PB	36	50	22	26	46	26	26	23	15	28
J2O3	4	7	2	4	1	1	2	3	1	2
CIPW-NORM (GEW.-%)										
Q	8.14	12.11	11.30	18.20	22.73	28.49	5.56	23.53	33.54	8.75
C	0	1.22	0	.71	.97	0	0	.20	0	0
OR	31.85	17.74	24.56	23.90	40.21	20.86	18.97	26.56	23.80	32.00
AB	32.93	19.91	23.88	19.01	20.88	33.28	24.01	24.75	25.93	27.17
AN	14.52	20.51	13.77	16.91	12.78	11.24	20.29	14.84	12.03	13.29
PL	47.45	40.42	37.65	35.91	33.65	44.53	44.30	39.59	37.95	40.46
NE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
WO1	.28	0	2.76	0	0	.77	1.93	0	1.10	.65
EN1	.17	0	1.89	0	0	.41	1.39	0	.32	.43
FS1	.10	0	.65	0	0	.34	.36	0	.83	.18
DI	.54	0	5.29	0	0	1.51	3.68	0	2.25	1.25
WO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
EN2	4.09	11.37	7.88	7.14	.03	1.22	11.38	3.00	.16	6.19
FS2	2.35	3.02	2.70	3.18	.78	1.01	2.93	2.24	.40	2.55
HY	6.44	14.39	10.58	10.32	.80	2.23	14.31	5.26	.56	8.74
FO1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
FY1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
OL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MT	2.90	5.03	4.52	4.61	.94	1.39	5.14	2.44	1.16	3.90
HM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
IL	1.66	4.74	3.53	3.86	.67	.90	4.58	1.56	.62	3.12
RU	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AP	1.02	4.35	2.56	2.48	.02	.19	3.44	.86	.12	1.79

	1140901	1140902	1141900	1142300	1142302	1142700	1143100	1143300	1143700	1145301
	61	61	22	32	32	12	12	22	11	61
HAUPT- UND NEBENELEMENTE (GEW.-%)										
SIO2	68.47	73.83	51.80	53.11	66.74	65.69	67.76	50.26	67.47	91.55
AL2O3	16.75	12.95	15.25	14.99	15.28	16.49	14.31	15.87	15.06	3.21
FEO	2.12	1.81	6.15	5.02	.32	3.26	2.76	5.40	1.89	1.06
FE2O3	.37	.32	4.10	3.35	.22	.58	.49	3.60	1.26	.19
MGO	.35	.01	4.54	5.26	.01	.39	.27	4.78	.08	.86
MNO	.05	.10	.13	.13	.14	.09	.09	.15	.11	.04
CAO	.84	2.94	5.82	6.20	2.61	1.40	3.43	8.24	3.66	1.20
NA2O	.12	1.51	2.37	2.78	.01	.87	2.65	3.38	1.32	.02
K2O	5.15	4.92	3.20	3.72	13.28	6.24	5.60	3.01	7.07	1.20
TIO2	.47	.31	2.90	2.43	.03	.80	.68	2.68	.56	.17
P2O5	.02	.01	1.73	1.34	.01	.26	.14	1.22	.12	.11
GV	3.95	.76	.78	.72	.39	3.02	.85	.48	.40	.43
SUMME	98.66	99.47	98.77	99.05	99.04	99.09	99.03	99.07	99.00	100.04
SPURENELEMENTE (PPM)										
V	67	31	334	298	1	92	68	328	44	19
CR	31	32	62	83	1	1	25	81	13	8
CO	4	7	20	24	1	9	7	36	7	5
NI	52	10	44	44	1	6	20	46	3	38
CU	21	10	60	30	2	12	14	36	8	28
ZN	138	107	190	135	2	113	109	118	82	103
GA	22	19	25	26	19	28	25	24	27	15
RB	140	176	80	77	458	256	234	61	193	74
SR	171	169	1064	1285	354	237	346	1256	582	56
Y	17	29	53	51	3	19	25	41	33	21
ZR	324	253	558	529	99	697	556	450	415	290
NB	9	8	26	23	25	23	26	21	20	0
BA	848	19	1667	2091	649	531	1361	1523	1402	15
PB	20	28	26	26	317	42	29	23	37	10
J2O3	1	4	1	3	1	0	1	1	3	1
CIPW-NORM (GEW.-%)										
Q	46.89	39.17	9.95	5.09	12.29	33.11	23.38	0	25.23	82.85
C	10.02	0	1.47	0	0	6.64	0	0	0	0
OR	32.12	29.42	19.25	22.31	79.43	38.34	33.67	18.00	42.32	7.12
AB	1.07	12.93	20.42	23.87	.09	7.65	22.82	28.95	11.31	.17
AN	4.26	14.20	17.89	17.70	2.46	5.46	10.80	19.47	14.47	5.14
PL	5.33	27.13	38.31	41.57	2.54	13.11	33.61	48.42	25.79	5.31
NE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
WO1	0	.21	0	1.94	.81	0	2.33	5.78	1.31	.05
EN1	0	0	0	1.43	.03	0	.37	4.17	.14	.02
FS1	0	.23	0	.32	.89	0	2.16	1.08	1.30	.02
DI	0	.44	0	3.68	1.72	0	4.86	11.02	2.74	.09
WO	0	0	0	0	3.61	0	0	0	0	0
EN2	.92	.02	11.51	11.87	0	1.01	.31	5.88	.07	2.12
FS2	3.16	2.72	3.67	2.65	0	4.70	1.79	1.52	.64	1.64
HY	4.08	2.74	15.18	14.51	0	5.71	2.10	7.40	.70	3.77
FO1	0	0	0	0	0	0	0	1.40	0	0
FY1	0	0	0	0	0	0	0	.40	0	0
OL	0	0	0	0	0	0	0	1.80	0	0
MT	.57	.47	6.05	4.93	.32	.87	.72	5.28	1.85	.28
HM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
IL	.94	.60	5.61	4.68	.06	1.58	1.31	5.15	1.08	.32
RU	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AP	.05	.02	4.17	3.22	.02	.64	.34	2.92	.29	.26

	1145302	1145502	1145702	1146101	1146102	1146300	1146702	1146902	1146903	1147100
	61	63	62	61	11	61	61	61	61	61
HAUPT- UND NEBENELEMENTE (GEW.-%)										
SIO2	76.17	77.10	75.64	73.79	73.88	70.33	78.31	77.18	71.67	75.56
AL2O3	12.09	12.09	13.19	13.48	13.34	13.92	9.78	12.51	14.59	11.89
FEO	.51	.89	.95	1.45	.94	2.52	1.77	.87	1.89	1.17
FE2O3	.09	.16	.17	.26	.63	.44	.31	.15	.33	.21
MGO	.01	.24	.19	.29	.60	.94	1.17	.01	.60	.48
MNO	.08	.03	.02	.06	.05	.08	.06	.04	.03	.09
CAO	2.38	1.23	.60	1.16	1.66	2.54	3.53	1.67	2.75	2.89
NA2O	.92	2.74	1.62	3.13	3.83	3.50	1.93	2.01	2.02	0
K2O	7.27	4.62	5.53	4.19	4.33	3.75	1.42	4.78	3.38	7.07
TIO2	.05	.16	.20	.25	.21	.51	.29	.18	.41	.14
P2O5	.12	.05	.04	.05	.02	.18	.12	.09	.01	.01
GV	.40	.52	1.96	1.66	.45	.48	.40	.35	1.21	.56
SUMME	100.09	99.83	100.11	99.77	99.94	99.19	99.09	99.84	98.89	100.07
SPURENELEMENTE (PPM)										
V	1	26	48	16	20	47	29	28	41	15
CR	2	1	56	27	2	19	43	1	1	1
CO	1	2	5	4	4	6	6	2	2	3
NI	38	37	45	29	23	17	44	33	28	15
CU	30	31	22	19	22	20	23	29	14	43
ZN	98	147	219	124	108	132	110	123	275	85
GA	17	21	22	19	17	20	20	20	21	19
RB	208	104	103	137	106	105	91	71	153	211
SR	212	224	202	140	191	277	138	164	176	211
Y	17	11	2	14	23	34	22	15	16	20
ZR	112	176	41	197	177	255	177	131	124	66
NB	9	1	6	8	5	11	6	0	12	15
BA	760	930	1400	494	601	906	534	871	367	1153
PB	52	22	20	23	16	17	13	13	24	45
U2O3	1	1	1	2	1	1	1	1	1	12
CIPW-NORM (GEW.-%)										
Q	38.60	40.28	43.78	36.41	30.66	27.98	52.71	43.45	39.94	41.43
C	0	.47	3.61	1.84	0	0	0	1.71	2.69	0
OR	43.06	27.48	33.29	25.22	25.70	22.43	8.50	28.39	20.44	41.95
AB	7.80	23.34	13.96	26.98	32.56	29.98	16.54	17.09	17.49	0
AN	7.40	5.81	2.77	5.53	6.45	11.33	14.00	7.73	13.90	11.61
PL	15.21	29.15	16.73	32.51	39.01	41.31	30.54	24.82	31.39	11.61
NE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
WO1	.98	0	0	0	.71	.10	1.23	0	0	1.14
EN1	.02	0	0	0	.40	.04	.62	0	0	.42
FS1	1.08	0	0	0	.28	.06	.58	0	0	.73
DI	2.08	0	0	0	1.38	.19	2.42	0	0	2.29
WO	.54	0	0	0	0	0	0	0	0	0
EN2	0	.60	.48	.74	1.10	2.33	2.33	.03	1.53	.78
FS2	0	1.36	1.37	2.30	.77	3.70	2.19	1.33	2.69	1.35
HY	0	1.96	1.86	3.04	1.87	6.04	4.53	1.36	4.22	2.13
FO1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
FY1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
OL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MT	.13	.23	.25	.38	.92	.65	.46	.22	.49	.31
HM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
IL	.10	.31	.39	.48	.40	.98	.56	.34	.80	.27
RU	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AP	.28	.12	.10	.12	.05	.43	.29	.21	.02	.02

	1147300	1147500	1147700	1147701	1147901	1147902	1148101	1148102	1148103	1148302
	62	61	11	11	22	11	22	22	11	21
HAUPT- UND NEBENELEMENTE (GEW.-%)										
SIO2	64.41	72.78	73.25	73.46	57.16	67.73	58.17	60.87	66.83	48.45
AL2O3	16.35	13.82	13.59	13.38	14.51	14.94	15.11	14.47	16.06	16.53
FEO	3.59	1.44	.82	.91	4.72	1.98	4.67	4.36	1.97	5.46
FE2O3	.63	.25	.54	.60	3.14	1.32	3.11	2.91	1.31	3.64
MGO	1.35	.37	.31	.31	3.84	1.07	3.53	2.98	1.14	5.83
MNO	.10	.05	.05	.03	.12	.05	.11	.12	.06	.10
CAO	3.93	1.60	1.57	1.28	5.40	3.63	5.57	4.82	2.91	6.98
NA2O	3.83	4.04	3.20	4.11	3.03	4.21	2.34	2.49	4.24	4.53
K2O	3.08	4.40	4.97	5.03	3.39	2.56	3.33	3.23	3.52	2.42
TIO2	.65	.28	.18	.22	2.28	.58	2.02	1.64	.57	2.58
P2O5	.24	.05	.01	.01	1.09	.16	.95	.93	.21	1.52
GV	.60	.51	.50	.51	.67	.59	.57	.54	.70	.40
SUMME	98.76	99.59	98.99	99.85	99.35	98.82	99.48	99.36	99.52	98.44
SPURENELEMENTE (PPM)										
V	121	33	25	19	231	78	227	223	84	307
CR	43	1	4	16	34	34	49	32	48	74
CO	12	4	2	3	30	6	17	34	5	35
NI	29	2	25	17	25	24	34	13	46	46
CU	14	15	21	19	37	22	31	15	26	38
ZN	162	91	96	111	137	179	144	127	326	126
GA	21	18	18	20	3	20	26	28	22	24
RB	93	113	107	109	73	63	90	87	69	57
SR	372	277	221	225	812	455	952	649	404	1389
Y	53	20	22	16	48	18	53	61	35	36
ZR	267	155	121	173	339	138	414	459	170	206
NB	13	9	6	7	20	11	23	18	7	24
BA	1149	1144	1282	1035	1416	1425	1888	531	1078	2264
PB	14	15	16	19	19	14	24	17	22	24
U2O3	3	1	1	1	2	1	1	1	1	1
CIPW-NORM (GEW.-%)										
Q	18.46	28.08	31.85	27.55	12.02	24.71	16.16	20.57	20.76	0
C	.15	0	.12	0	0	0	0	.34	.49	0
OR	18.52	26.23	29.80	29.91	20.26	15.39	19.86	19.28	21.03	14.56
AB	32.98	34.48	27.48	35.00	25.93	36.24	19.99	21.28	36.28	34.31
AN	18.24	6.64	7.84	3.22	16.16	14.56	21.09	18.02	13.21	17.94
PL	51.22	41.12	35.32	38.22	42.10	50.80	41.07	39.30	49.49	52.25
NE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2.55
AC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
WO1	0	.43	0	1.29	1.56	1.13	.23	0	0	3.01
EN1	0	.13	0	.59	1.10	.65	.15	0	0	2.23
FS1	0	.32	0	.70	.32	.43	.05	0	0	.48
DI	0	.89	0	2.58	2.98	2.21	.43	0	0	5.72
WO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
EN2	3.42	.79	.78	.19	8.57	2.06	8.72	7.50	2.87	0
FS2	5.46	1.86	.96	.23	2.47	1.37	3.05	3.37	1.84	0
HY	8.89	2.66	1.75	.42	11.04	3.44	11.78	10.87	4.71	0
FO1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8.79
FY1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2.09
OL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10.88
MT	.93	.37	.79	.98	4.61	1.95	4.55	4.26	1.92	5.37
HM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
IL	1.26	.54	.35	.42	4.38	1.12	3.87	3.15	1.09	4.99
RU	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AP	.58	.12	.02	.02	2.61	.39	2.27	2.23	.50	3.67

	1148501	1148502	1148701	1148702	1149100	1149101	1149300	1149301	1149500	1149700
	22	11	21	21	22	21	11	11	11	61
HAUPT- UND NEBENELEMENTE (GEW.-%)										
SIO2	61.26	75.61	48.44	49.51	56.33	59.24	67.76	67.69	74.75	71.06
AL2O3	13.78	12.67	15.36	14.79	14.39	15.01	15.44	16.00	12.98	14.44
FEO	4.51	.77	6.15	5.80	4.99	4.78	1.97	1.94	.86	2.06
FE2O3	3.00	.51	4.10	3.86	3.33	3.19	1.31	1.29	.44	.36
MGO	2.60	.50	5.45	6.76	3.42	2.78	.83	1.00	.12	.26
MNO	.11	.03	.13	.13	.12	.09	.08	.07	.05	.07
CAO	4.58	1.02	7.21	6.71	5.16	4.69	1.78	1.72	1.33	2.21
NA2O	2.79	3.08	4.47	4.44	3.72	2.29	2.57	2.20	3.55	2.33
K2O	4.18	4.53	2.57	2.81	4.00	4.25	5.92	5.88	4.62	5.19
TIO2	1.69	.13	2.87	2.42	2.13	1.89	.59	.59	.13	.40
P2O5	.75	.01	1.47	1.58	1.08	.89	.18	.17	.01	.03
GV	.48	.79	.64	1.37	.74	.60	.47	.43	.84	.65
SUMME	99.73	99.65	98.86	100.18	99.41	99.70	98.90	98.97	99.48	99.06
SPURENELEMENTE (PPM)										
V	208	34	384	323	231	198	63	69	20	50
CR	65	23	35	64	47	59	19	29	33	27
CO	12	5	29	40	17	14	6	6	1	5
NI	47	26	31	46	32	41	13	16	60	40
CU	33	18	50	59	32	34	15	16	24	24
ZN	172	192	148	125	136	134	120	114	184	129
GA	22	19	24	19	26	24	25	22	22	21
RB	89	110	49	58	90	96	146	140	108	145
SR	845	245	1287	1180	999	948	432	438	148	217
Y	60	6	60	45	60	50	83	81	27	25
ZR	431	54	758	216	386	630	548	510	141	275
NB	21	5	26	24	22	21	19	17	1	12
BA	1731	1086	1890	1819	1929	1777	1133	1288	910	861
PB	20	22	17	20	25	24	22	25	21	21
U2O3	1	1	1	1	1	3	1	1	2	1
CIPW-NORM (GEW.-%)										
Q	17.11	37.47	0	0	6.51	16.57	25.14	27.25	33.64	31.68
C	0	.88	0	0	0	.25	2.03	3.34	0	1.06
OR	24.85	27.07	15.43	16.77	23.91	25.31	35.51	35.23	27.66	31.14
AB	23.75	26.35	33.32	34.07	31.84	19.53	22.07	18.88	30.44	20.02
AN	12.81	5.05	14.48	12.25	10.88	17.59	7.77	7.53	5.92	10.93
PL	36.56	31.41	47.80	46.32	42.72	37.11	29.84	26.40	36.35	30.95
NE	0	0	2.77	2.10	0	0	0	0	0	0
AC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
WO1	2.14	0	5.05	4.57	3.29	0	0	0	.29	0
EN1	1.32	0	3.62	3.35	2.19	0	0	0	.08	0
FS1	.70	0	.97	.79	.86	0	0	0	.23	0
DI	4.15	0	9.65	8.71	6.34	0	0	0	.60	0
WO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
EN2	5.20	1.26	0	0	6.43	6.98	2.10	2.53	.27	.66
FS2	2.75	.90	0	0	2.52	3.38	1.89	1.82	.60	3.13
HY	7.94	2.16	0	0	8.95	10.36	3.98	4.35	.83	3.79
FO1	0	0	7.12	9.57	0	0	0	0	0	0
FY1	0	0	2.11	2.47	0	0	0	0	0	0
OL	0	0	9.24	12.04	0	0	0	0	0	0
MT	4.38	.75	6.04	5.65	4.88	4.65	1.93	1.90	.65	.53
HM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
IL	3.23	.25	5.54	4.44	4.09	3.62	1.14	1.12	.25	.77
RU	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AP	1.79	.02	3.54	3.78	2.59	2.12	.43	.41	.02	.07

	1149900	1150100	1150300	1151100	1151310	1151701	1151702	1151703	1151704	1151705
	61	61	61	11	11	22	11	22	22	22
HAUPT- UND NEBENELEMENTE (GEW.-%)										
SIO2	70.12	81.91	64.37	64.88	60.96	60.58	62.11	60.57	60.40	60.53
AL2O3	14.22	8.44	17.10	16.26	14.72	14.00	15.15	14.71	14.71	14.90
FEO	2.41	1.25	3.98	2.52	3.94	4.14	3.68	4.66	4.15	3.87
FE2O3	.43	.22	.70	1.68	2.63	2.76	2.46	3.10	2.76	2.58
MGO	.52	.79	1.66	1.14	3.02	3.08	2.63	3.11	3.23	2.74
MNO	.08	.04	.10	.11	.09	.11	.08	.12	.11	.08
CAO	3.64	2.00	2.21	2.57	4.30	4.22	4.20	4.44	5.06	5.04
NA2O	2.29	2.86	1.14	2.11	2.75	1.84	1.69	.99	1.69	2.56
K2O	4.11	.93	6.31	5.94	3.95	5.22	4.39	4.20	3.81	3.63
TIO2	.47	.24	.88	.76	1.59	1.59	1.27	1.44	1.33	1.69
P2O5	.12	.04	.44	.03	.92	.89	.65	.79	.65	.73
GV	.57	.39	.57	.55	.61	.69	.63	.94	.65	.65
SUMME	98.98	99.11	99.46	98.55	99.38	99.12	98.94	99.07	98.55	99.02
SPURENELEMENTE (PPM)										
V	49	36	124	87	138	95	94	142	107	202
CR	33	34	44	29	68	68	40	65	87	81
CO	6	5	6	7	15	6	4	7	6	23
NI	30	38	23	12	30	41	32	51	61	42
CU	24	19	18	19	16	23	26	28	25	30
ZN	120	308	127	116	133	136	197	201	188	114
GA	24	22	27	25	31	26	26	28	24	22
RB	131	52	163	129	254	117	116	130	101	93
SR	293	81	642	551	797	899	888	801	1002	989
Y	32	26	54	53	11	31	37	39	31	56
ZR	214	144	552	540	486	335	382	377	278	416
NB	14	1	24	20	30	22	22	23	18	19
BA	837	444	2197	1763	1635	2414	1966	1589	2069	1567
PB	22	13	29	23	64	29	32	32	34	24
U2O3	1	3	2	2	2	1	2	3	3	2
CIPW-NORM (GEW.-%)										
Q	31.87	56.69	25.30	22.08	17.37	17.74	23.43	25.40	20.96	18.48
C	0	0	5.48	1.79	.07	0	1.56	2.40	.17	0
OR	24.66	5.56	37.66	35.78	23.60	31.29	26.36	25.25	22.96	21.78
AB	19.67	24.50	9.74	18.20	23.53	15.79	14.53	8.52	14.59	21.99
AN	16.63	7.54	8.17	12.79	16.15	14.73	16.85	17.16	21.27	18.73
PL	36.31	32.04	17.91	30.99	39.68	30.53	31.38	25.68	35.86	40.72
NE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
WO1	.38	.94	0	0	0	.25	0	0	0	.76
EN1	.10	.47	0	0	0	.17	0	0	0	.51
FS1	.29	.45	0	0	0	.07	0	0	0	.19
DI	.77	1.85	0	0	0	.49	0	0	0	1.46
WO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
EN2	1.21	1.52	4.18	2.89	7.60	7.61	6.65	7.88	8.20	6.42
FS2	3.36	1.44	5.71	2.44	2.80	3.08	2.97	4.14	3.62	2.33
HY	4.57	2.97	9.88	5.33	10.41	10.70	9.63	12.02	11.83	8.75
FO1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
FY1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
OL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MT	.63	.32	1.03	2.48	3.86	4.06	3.62	4.57	4.08	3.80
HM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
IL	.91	.46	1.69	1.47	3.05	3.06	2.45	2.78	2.58	3.26
RU	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AP	.29	.10	1.05	.07	1.76	2.14	1.56	1.90	1.57	1.76

	1151706	1151901	1151902	1151903	1151904	1151905	1151906	1151907	1151908	1151909
	11	11	11	22	22	22	11	22	22	22
HAUPT- UND NEBENELEMENTE (GEW.-%)										
SIO2	62.17	61.79	62.61	56.18	54.32	56.90	65.51	55.69	60.09	58.50
AL2O3	13.47	15.10	14.64	14.64	13.51	14.30	14.15	14.42	14.20	14.75
FEO	3.80	3.94	3.80	4.59	5.03	5.07	3.28	4.78	4.83	5.02
FE2O3	2.53	2.63	2.53	3.06	3.35	3.38	2.18	3.19	3.22	3.35
MGO	3.08	2.77	3.02	3.78	4.52	4.16	2.26	4.27	3.38	3.55
MNO	.08	.10	.09	.10	.12	.12	.08	.10	.11	.13
CAO	4.42	4.37	4.26	5.52	5.57	5.84	3.82	5.87	5.07	5.65
NA2O	2.49	1.23	1.65	3.48	4.77	1.78	1.34	3.28	1.03	1.20
K2O	4.32	4.40	3.97	3.93	3.88	3.41	3.67	3.83	3.77	3.65
TIO2	1.69	1.33	1.31	1.94	2.04	2.18	1.14	2.09	1.89	2.25
P2O5	.75	.65	.65	1.14	1.18	1.19	.58	1.19	1.01	.80
GV	.60	.65	.58	.56	.65	1.03	.76	.56	.67	0
SUMME	99.40	98.96	99.11	98.92	98.94	99.36	98.77	99.27	99.27	98.85
SPURENELEMENTE (PPM)										
V	196	187	82	277	253	274	134	148	267	287
CR	64	37	26	47	65	119	26	94	55	67
CO	24	22	6	26	38	29	18	8	32	33
NI	40	22	19	37	30	40	17	49	28	40
CU	19	24	18	24	29	36	19	33	28	30
ZN	99	117	132	116	124	139	142	152	116	100
GA	27	25	23	28	21	25	23	24	22	24
RB	106	109	96	101	93	100	107	100	104	94
SR	913	812	925	989	989	934	859	1031	909	1004
Y	42	48	30	47	53	53	47	38	48	44
ZR	501	536	350	540	440	485	746	327	591	590
NB	17	19	19	21	22	23	19	21	22	20
BA	1365	1155	2013	1532	1106	1539	1274	2079	1008	1256
PB	25	24	23	25	23	28	23	29	20	24
U2O3	1	2	2	2	1	2	3	1	1	2
CIPW-NORM (GEW.-%)										
Q	19.23	25.05	24.97	6.92	0	16.91	33.18	6.79	25.34	21.15
C	0	1.96	1.46	0	0	0	2.46	0	1.65	.47
OR	25.81	26.41	23.78	23.57	23.28	20.45	22.10	22.89	22.56	21.78
AB	21.30	10.57	14.15	29.89	40.99	15.29	11.58	28.07	8.82	10.35
AN	12.96	17.71	17.12	12.91	4.05	21.27	15.45	13.46	18.79	23.03
PL	34.26	28.28	31.27	42.80	45.04	36.56	27.01	41.53	27.61	33.28
NE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
WO1	1.78	0	0	3.06	6.75	.13	0	3.39	0	0
EN1	1.24	0	0	2.12	4.71	.07	0	2.41	0	0
FS1	.39	0	0	.69	1.48	.02	0	.69	0	0
DI	3.40	0	0	5.87	12.95	.19	0	6.49	0	0
WO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
EN2	6.51	7.01	7.62	7.44	1.82	10.45	5.74	8.35	8.52	8.03
FS2	2.03	3.29	3.10	2.42	.57	3.39	2.69	2.41	3.54	3.26
HY	8.55	10.30	10.73	9.86	2.39	13.84	8.42	10.76	12.06	12.18
FO1	0	0	0	0	3.44	0	0	0	0	0
FY1	0	0	0	0	1.19	0	0	0	0	0
OL	0	0	0	0	4.63	0	0	0	0	0
MT	3.71	3.87	3.72	4.50	4.93	4.97	3.22	4.68	4.73	4.01
HM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
IL	3.24	2.57	2.52	3.74	3.93	4.20	2.21	4.01	3.63	4.32
RU	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AP	1.80	1.56	1.56	2.74	2.84	2.86	1.40	2.85	2.42	1.91

	1151911	1151912	1151913	1152101	1152102	1152300	1152501	1152502	1152503	1152701
	22	22	22	11	22	11	11	11	33	22
HAUPT- UND NEBENELEMENTE (GEW.-%)										
SIO2	59.26	59.05	52.37	68.87	56.24	63.25	66.34	67.81	52.17	55.37
AL2O3	14.80	15.33	14.72	14.33	14.95	14.23	15.40	14.74	14.88	15.18
FEO	4.81	4.84	5.62	2.05	5.07	3.59	2.48	1.96	5.57	5.76
FE2O3	3.21	3.23	3.75	1.37	3.38	2.39	1.66	1.31	3.72	3.84
MGO	3.30	2.96	4.72	.65	3.71	2.59	.80	.64	5.66	3.23
MNO	.12	.11	.13	.09	.12	.08	.09	.09	.13	.12
CAO	5.36	5.03	6.12	2.41	5.40	4.17	2.66	2.44	6.90	4.52
NA2O	1.13	.83	4.12	2.69	2.11	2.46	2.47	3.39	2.83	2.31
K2O	3.35	3.81	3.20	5.70	4.06	3.93	5.82	6.00	3.45	3.75
TIO2	1.61	1.62	2.69	.67	2.08	1.43	.79	.63	2.47	2.42
P2O5	.77	.76	1.54	.24	1.40	.71	.25	.15	1.60	1.33
GV	.66	.53	.61	.47	.69	.69	.78	.45	.62	.52
SUMME	98.38	98.10	99.59	99.54	99.21	99.52	99.54	99.61	100.00	98.35
SPURENELEMENTE (PPM)										
V	262	269	326	64	249	143	45	56	256	276
CR	43	39	38	35	76	60	59	1	104	62
CO	34	28	29	8	17	12	2	9	20	23
NI	21	19	29	30	42	36	43	4	54	29
CU	19	20	38	22	36	33	35	19	33	32
ZN	119	112	130	128	138	139	128	83	128	150
GA	26	24	23	24	25	22	21	21	28	28
RB	90	97	80	165	90	103	149	184	191	282
SR	780	792	1084	497	1348	1022	628	507	1392	847
Y	52	55	48	37	54	41	25	35	22	13
ZR	515	633	214	272	513	404	363	502	326	314
NB	19	21	23	18	23	20	20	19	30	32
BA	841	1005	1734	878	2492	1999	2215	1013	2727	1794
PB	18	19	22	35	33	32	36	35	70	89
U2O3	1	1	1	5	2	2	4	1	1	2
CIPW-NORM (GEW.-%)										
Q	24.34	25.37	.82	25.36	13.85	22.18	22.76	19.52	3.50	15.38
C	1.44	2.57	0	0	.63	.05	.81	0	0	2.33
OR	20.22	23.04	19.06	33.96	24.30	23.47	34.79	35.72	20.47	22.61
AB	9.77	7.19	35.15	22.95	18.09	21.04	21.14	28.90	24.04	19.94
AN	22.03	20.45	12.32	10.28	17.87	16.22	11.70	7.34	17.78	14.01
PL	31.79	27.64	47.47	33.23	35.96	37.26	32.84	36.24	41.83	33.95
NE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
WO1	0	0	3.40	.08	0	0	0	1.62	2.54	0
EN1	0	0	2.43	.04	0	0	0	.75	1.84	0
FS1	0	0	.67	.04	0	0	0	.85	.47	0
DI	0	0	6.50	.16	0	0	0	3.22	4.85	0
WO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
EN2	8.40	7.54	9.42	1.59	9.36	6.52	2.02	.86	12.31	8.21
FS2	4.05	4.05	2.62	1.83	3.58	2.58	2.24	.97	3.11	3.93
HY	12.45	11.59	12.04	3.43	12.94	9.10	4.25	1.83	15.42	12.14
FO1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
FY1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
OL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MT	4.75	4.79	5.48	2.00	4.46	3.50	2.43	1.91	5.42	5.68
HM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
IL	3.12	3.15	5.15	1.28	4.00	2.74	1.52	1.21	4.71	4.62
RU	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AP	1.86	1.84	3.68	.57	3.36	1.70	.60	.36	3.81	3.21

	1152702	1152900	1153100	1153300	1153301	1153302	1153500	1153700	1153702	1154500
	22	22	12	22	22	22	21	12	21	12
HAUPT- UND NEBENELEMENTE (GEW.-%)										
SIO2	52.69	56.92	67.36	55.33	53.93	57.01	56.34	60.64	46.70	69.62
AL2O3	14.84	15.28	14.92	14.71	14.79	15.20	14.61	14.86	14.33	15.22
FEO	5.56	4.95	3.43	5.43	5.78	5.18	5.03	5.58	6.99	2.30
FE2O3	3.71	3.30	.61	3.62	3.86	3.46	3.35	.98	4.66	.41
MGO	5.63	3.24	1.52	4.14	4.11	3.29	3.88	2.45	6.53	.76
MNO	.12	.12	.08	.11	.14	.12	.11	.09	.16	.01
CAO	6.69	4.92	2.24	5.36	5.75	4.77	6.54	4.16	8.75	1.72
NA2O	2.63	2.90	1.64	2.13	2.45	2.47	2.88	3.02	2.27	3.13
K2O	3.37	4.42	5.62	3.56	3.87	3.99	3.28	4.55	2.96	5.11
TIO2	2.44	2.12	.80	2.42	2.45	2.12	2.14	1.55	2.91	.70
P2O5	1.60	.91	.38	1.60	1.47	1.01	1.14	.78	2.12	.07
GV	.70	.51	.62	.62	.53	.46	.64	.69	.75	.77
SUMME	99.98	99.59	99.22	99.03	99.13	99.08	99.94	99.35	99.13	99.82
SPURENELEMENTE (PPM)										
V	243	219	88	256	330	355	200	145	377	76
CR	106	30	17	76	49	45	54	18	67	17
CO	20	12	11	25	28	31	24	19	37	6
NI	55	10	6	41	31	14	32	1	47	20
CU	27	30	20	33	41	17	34	21	57	17
ZN	119	155	100	137	119	131	126	122	186	134
GA	32	26	25	29	26	31	25	27	27	28
RB	214	82	168	86	100	271	84	119	110	246
SR	1371	1271	718	1169	915	924	1131	855	1071	289
Y	11	51	44	47	56	18	56	55	41	24
ZR	317	657	519	681	435	434	542	610	265	619
NB	31	25	21	25	23	30	25	24	28	23
BA	2621	2752	1614	1666	1510	1645	1956	1524	974	948
PB	79	28	39	27	24	82	23	25	33	44
U2O3	2	1	3	2	2	2	1	3	1	4
CIPW-NORM (GEW.-%)										
Q	5.55	9.51	28.52	14.84	9.12	13.62	10.66	12.59	0	26.22
C	0	0	3.02	1.46	0	.57	0	0	0	1.60
OR	20.02	26.32	33.65	21.33	23.14	23.87	19.49	27.22	17.73	30.48
AB	22.37	24.72	14.06	18.28	20.98	21.16	24.50	25.87	19.47	26.74
AN	18.83	15.74	8.74	16.37	18.14	17.27	17.34	13.72	20.44	8.15
PL	41.20	40.46	22.80	34.54	39.12	38.43	41.84	39.59	39.91	34.89
NE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
WO1	1.68	1.20	0	0	.42	0	3.25	.84	3.97	0
EN1	1.22	.79	0	0	.28	0	2.22	.38	2.81	0
FS1	.31	.32	0	0	.11	0	.77	.45	.82	0
DI	3.20	2.30	0	0	.81	0	6.25	1.67	7.60	0
WO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
EN2	12.88	7.34	3.84	10.46	10.08	8.29	7.49	5.79	12.35	1.91
FS2	3.27	3.01	4.83	3.44	3.84	3.64	2.59	6.85	3.63	2.79
HY	16.15	10.35	8.67	13.90	13.92	11.94	10.08	12.64	15.98	4.70
FO1	0	0	0	0	0	0	0	0	.93	0
FY1	0	0	0	0	0	0	0	0	.30	0
OL	0	0	0	0	0	0	0	0	1.23	0
MT	5.41	4.82	.90	5.32	5.66	5.08	4.88	1.44	6.85	.60
HM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
IL	4.66	4.06	1.54	4.66	4.71	4.08	4.09	2.98	5.60	1.34
RU	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AP	3.81	2.17	.91	3.84	3.52	2.42	2.71	1.87	5.09	.17

	1154701	1154702	1155100	1155500	1155701	1155702	1209300	1214800	1222200	1222401
	21	22	12	22	12	12	61	31	11	22
HAUPT- UND NEBENELEMENTE (GEW.-%)										
SIO2	48.95	52.09	68.72	53.11	61.01	61.09	66.46	77.89	70.39	50.48
AL2O3	16.34	15.34	14.74	14.85	15.13	14.31	14.97	12.10	14.64	15.34
FEO	5.94	5.98	2.90	5.92	5.56	6.38	3.74	.41	1.44	5.79
FE2O3	3.96	3.99	.51	3.95	.98	1.13	.66	.27	.96	3.86
MGO	5.80	4.61	.41	4.95	2.45	2.97	2.07	.15	.72	5.25
MNO	.12	.11	.09	.11	.05	.08	.06	.03	.04	.16
CAO	6.91	6.72	2.79	5.61	4.50	4.74	4.44	.84	2.66	6.99
NA2O	3.21	2.19	2.00	1.89	3.16	2.38	2.30	3.76	3.66	3.66
K2O	3.04	3.20	5.58	3.50	2.50	2.10	2.43	4.48	3.67	2.98
TIO2	2.45	2.43	.70	2.70	1.49	1.69	.78	.04	.39	2.47
P2O5	2.12	1.49	.14	1.90	.73	.79	.21	.06	.10	1.29
GV	.60	.74	.52	.80	.70	.97	.71	.38	.44	1.02
SUMME	99.44	98.89	99.10	99.29	98.26	98.63	98.83	100.41	99.11	99.29
SPURENELEMENTE (PPM)										
V	333	455	81	405	196	212	111	9	176	416
CR	65	66	21	73	31	23	1	1	13	70
CO	34	56	11	32	24	25	22	2	6	55
NI	42	33	3	46	30	13	10	43	10	32
CU	51	24	10	41	32	26	20	36	19	37
ZN	130	119	96	156	159	146	124	135	144	120
GA	26	27	24	26	23	27	22	18	21	25
RB	59	72	234	152	133	131	118	135	80	90
SR	1271	1264	297	902	800	893	252	47	322	889
Y	37	48	20	49	30	29	26	23	11	52
ZR	401	496	651	664	329	406	308	165	134	436
NB	24	21	23	29	16	23	12	1	11	23
BA	1485	1227	529	1069	709	879	54	291	1287	1021
PB	25	23	27	31	40	31	16	25	14	23
U2O3	3	2	3	4	4	3	1	1	1	1
CIPW-NORM (GEW.-%)										
Q	0	8.54	28.05	13.24	19.03	23.60	29.92	36.92	28.31	0
C	.28	0	.68	2.33	.81	1.43	1.00	0	.05	0
OR	18.13	19.23	33.42	20.95	15.13	12.69	14.62	26.46	21.97	17.88
AB	27.42	18.84	17.15	16.20	27.38	20.60	19.82	31.80	31.37	31.44
AN	20.62	22.96	13.10	15.62	17.98	18.77	21.03	2.91	12.71	16.88
PL	48.04	41.80	30.25	31.82	45.36	39.37	40.86	34.70	44.08	48.32
NE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
WO1	0	.44	0	0	0	0	0	.36	0	4.08
EN1	0	.30	0	0	0	0	0	.14	0	2.86
FS1	0	.11	0	0	0	0	0	.22	0	.87
OI	0	.84	0	0	0	0	0	.73	0	7.81
WO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
EN2	12.74	11.38	1.03	12.49	6.25	7.56	5.25	.23	1.92	7.37
FS2	3.56	4.04	4.14	3.61	7.30	8.48	5.35	.35	1.37	2.23
HY	16.30	15.42	5.17	16.10	13.55	16.04	10.60	.58	3.19	9.60
FO1	1.29	0	0	0	0	0	0	0	0	2.13
FY1	.40	0	0	0	0	0	0	0	0	.71
OL	1.69	0	0	0	0	0	0	0	0	2.84
MT	5.80	5.88	.75	5.80	1.46	1.68	.97	.39	1.41	5.68
HM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
IL	4.70	4.69	1.35	5.20	2.90	3.28	1.51	.08	.75	4.76
RU	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AP	5.07	3.59	.34	4.56	1.77	1.91	.51	.14	.24	3.10

	1222601	1222602	1222800	1222801	1222802	1222803	1222804	1222805	1222807	1222808
	11	11	11	31	11	11	11	11	11	12
HAUPT- UND NEBENELEMENTE (GEW.-%)										
SIO2	75.94	72.81	65.58	71.52	70.05	71.06	69.56	68.83	65.68	67.30
AL2O3	13.23	13.05	15.87	13.80	14.96	13.47	14.78	14.86	16.26	15.49
FEO	.67	1.03	2.20	1.12	1.02	1.23	1.79	2.00	1.93	3.25
FE2O3	.45	.69	1.47	.74	.68	.82	1.19	1.34	1.28	.57
MGO	.05	.89	1.21	.60	.40	.65	.93	.78	1.19	1.09
MNO	.02	.03	.08	.08	.05	.07	.08	.07	.06	.08
CAO	.59	2.00	2.82	1.20	1.19	1.38	1.71	1.84	3.78	2.44
NA2O	2.33	3.96	2.80	2.28	3.54	3.18	1.99	2.75	4.19	1.62
K2O	6.13	4.10	5.02	6.03	5.88	5.43	5.72	5.49	3.17	5.28
TIO2	.11	.23	.67	.29	.25	.32	.55	.57	.58	.64
P2O5	.07	.10	.20	.05	.01	.05	.15	.22	.17	.24
GV	.71	.54	.81	.68	.70	.61	.64	.54	.74	.70
SUMME	100.30	99.43	98.73	98.39	98.73	98.27	99.09	99.29	99.03	98.70
SPURENELEMENTE (PPM)										
V	17	12	69	34	34	21	65	71	80	74
CR	1	1	35	31	29	28	27	36	45	3
CO	3	1	6	6	5	7	8	7	6	12
NI	43	42	26	37	26	21	23	26	31	1
CU	26	19	32	59	25	31	24	35	31	9
ZN	103	242	123	110	158	119	165	153	182	95
GA	21	19	23	17	23	21	23	24	25	29
RB	211	208	114	148	148	140	143	158	96	169
SR	139	142	459	249	264	249	356	516	407	473
Y	16	10	69	35	44	51	75	312	32	48
ZR	206	132	620	338	329	522	636	435	234	555
NB	8	9	20	12	15	17	19	22	14	22
BA	164	303	1054	646	920	913	907	1417	1352	996
PB	48	56	20	34	29	24	24	46	23	26
U2O3	11	17	2	1	1	1	1	1	1	4
CIPW-NORM (GEW.-%)										
Q	37.59	29.36	22.33	31.99	23.80	28.05	31.15	26.79	19.62	29.91
C	1.86	0	1.21	1.49	.64	0	2.60	1.59	0	3.31
OR	36.36	24.49	30.27	36.44	35.43	32.83	34.30	32.83	19.04	31.81
AB	19.79	33.87	24.17	19.73	30.54	27.53	17.09	23.54	36.05	13.97
AN	2.48	5.79	12.94	5.75	5.95	6.59	7.61	7.78	16.47	10.74
PL	22.27	39.66	37.11	25.48	36.49	34.12	24.70	31.33	52.51	24.72
NE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
WO1	0	1.50	0	0	0	.03	0	0	.61	0
EN1	0	.95	0	0	0	.03	0	0	.37	0
FS1	0	.45	0	0	0	.01	0	0	.22	0
DI	0	2.90	0	0	0	.06	0	0	1.19	0
WO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
EN2	.13	1.29	3.07	1.53	1.03	1.64	2.35	1.97	2.65	2.77
FS2	.75	.61	2.06	1.29	1.11	1.33	1.72	1.91	1.57	4.83
HY	.88	1.90	5.13	2.82	2.12	2.97	4.07	3.87	4.21	7.60
FO1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
FY1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
OL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MT	.65	1.01	2.17	1.10	1.01	1.22	1.75	1.97	1.89	.84
HM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
IL	.21	.44	1.30	.56	.48	.62	1.05	1.10	1.12	1.24
RU	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AP	.17	.24	.48	.12	.02	.12	.36	.53	.41	.58

	1222809	1222810	1222811	1222812	1222813	1222814	1222815	1222816	1224401	1224402
	11	11	12	31	11	31	31	11	11	21
HAUPT- UND NEBENELEMENTE (GEW.-%)										
SIO2	66.93	70.92	72.45	66.98	66.07	74.03	70.90	67.19	70.49	51.42
AL2O3	15.90	15.26	11.87	14.46	15.12	13.18	15.70	16.06	13.91	14.39
FEO	1.76	.31	2.62	2.52	2.79	1.09	.39	1.60	1.20	6.06
FE2O3	1.18	.21	.46	1.68	1.86	.73	.26	1.07	.80	4.04
MGO	1.01	.21	.84	.71	1.37	.35	.13	.99	.85	5.10
MNO	.04	.02	.05	.06	.08	.06	.03	.04	.03	.16
CAO	3.24	1.85	1.84	2.12	3.84	1.09	1.69	2.92	2.84	6.84
NA2O	4.22	4.36	2.83	3.63	3.32	2.54	3.23	4.05	3.88	3.88
K2O	3.24	5.13	4.94	4.74	2.73	5.47	5.67	4.26	3.39	2.54
TIO2	.52	.06	.66	.26	.74	.31	.07	.45	.37	2.84
P2O5	.15	.01	.18	.10	.25	.07	.02	.15	.07	1.64
GV	.81	.46	.69	1.69	.86	.56	.49	.77	.36	.42
SUMME	99.00	98.80	99.43	98.95	99.03	99.48	98.58	99.55	98.19	99.33
SPURENELEMENTE (PPM)										
V	78	13	99	80	137	37	13	61	53	359
CR	53	60	28	28	41	1	2	50	24	64
CO	7	7	12	6	18	4	6	6	5	32
NI	34	34	17	28	31	15	13	30	26	36
CU	21	21	26	58	28	23	22	19	21	41
ZN	122	212	99	186	115	116	102	145	165	150
GA	28	23	19	18	19	25	21	26	20	23
RB	105	117	130	112	92	140	130	116	122	61
SR	347	345	345	357	380	246	334	354	246	1234
Y	21	3	44	9	38	49	1	18	21	47
ZR	189	2	446	48	218	384	42	98	119	505
NB	13	5	17	11	12	11	5	13	9	23
BA	1287	1429	1230	1176	1016	525	1257	1518	949	1575
PB	20	35	19	38	15	24	28	23	22	20
U2O3	1	1	1	1	1	1	1	2	3	1
CIPW-NORM (GEW.-%)										
Q	21.68	22.35	31.79	21.76	25.98	35.52	26.93	19.68	28.60	1.75
C	0	0	0	0	.33	1.28	1.25	0	0	0
OR	19.49	30.82	29.55	28.78	16.42	32.66	34.15	25.47	20.47	15.14
AB	36.35	37.51	24.24	31.56	28.59	21.71	27.85	34.68	33.55	33.11
AN	15.14	7.03	5.16	9.41	17.72	5.00	8.41	13.22	10.76	14.47
PL	51.49	44.54	29.40	40.97	46.31	26.71	36.27	47.89	44.30	47.58
NE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
WO1	.09	.93	1.21	.30	0	0	0	.19	1.32	3.74
EN1	.06	.52	.46	.11	0	0	0	.11	.83	2.64
FS1	.03	.37	.77	.19	0	0	0	.07	.41	.77
DI	.18	1.83	2.43	.61	0	0	0	.37	2.57	7.15
WO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
EN2	2.51	.01	1.66	1.70	3.47	.88	.33	2.38	1.33	10.17
FS2	1.54	.01	2.80	2.92	2.71	1.12	.51	1.41	.66	2.96
HY	4.05	.01	4.46	4.63	6.18	2.00	.84	3.79	1.99	13.12
FO1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
FY1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
OL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MT	1.74	.31	.68	2.50	2.74	1.07	.38	1.57	1.19	5.91
HM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
IL	1.01	.12	1.27	.51	1.43	.59	.14	.86	.72	5.44
RU	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AP	.36	.02	.43	.24	.60	.17	.05	.36	.17	3.92

	1225601 31	1225602 31	1225604 31	1225605 22	1225607 21	1226803 51	1227200 22	1227600 11	1229204 21	1229404 31
HAUPT- UND NEBENELEMENTE (GEW.-%)										
SIO2	53.36	65.18	54.87	50.33	46.88	64.93	58.46	72.78	48.87	61.46
AL2O3	15.99	14.29	16.49	17.07	14.90	14.25	16.36	14.57	16.00	15.07
FEO	5.32	3.34	5.12	5.14	7.58	4.31	4.04	.57	6.53	4.10
FE2O3	3.55	2.23	3.41	3.43	5.05	.76	2.69	.38	4.35	2.73
MGO	4.16	1.57	4.18	5.29	7.07	.60	2.77	.22	5.86	2.34
MNO	.10	.09	.08	.12	.17	.16	.10	.02	.13	.09
CAO	6.00	3.33	5.45	6.24	8.21	4.82	4.81	1.29	7.37	4.54
NA2O	2.92	2.71	2.34	3.94	2.19	2.35	3.60	4.09	2.57	1.75
K2O	3.82	4.52	3.80	3.06	1.49	4.97	3.97	5.10	2.55	3.97
TIO2	2.22	1.27	2.13	2.17	3.25	.89	1.54	.12	2.89	1.67
P2O5	1.43	.48	1.28	2.04	1.75	.43	.78	.02	1.74	.77
GV	.57	.44	.54	.80	0	.46	.40	.47	.23	.43
SUMME	99.44	99.45	99.69	99.63	98.54	98.93	99.52	99.63	99.09	98.92
SPURENELEMENTE (PPM)										
V	223	133	325	135	508	128	155	90	459	150
CR	58	43	50	56	73	1	58	95	103	23
CO	17	10	36	7	58	22	17	5	38	15
NI	31	23	22	48	43	1	27	139	69	5
CU	38	27	30	45	49	18	21	46	39	1
ZN	156	141	131	177	136	91	117	1376	142	142
GA	28	24	25	26	26	21	27	22	22	28
RB	101	85	82	193	90	105	78	114	45	122
SR	1115	738	1075	1136	1210	602	920	256	121	710
Y	50	42	55	17	16	49	43	5	43	41
ZR	628	604	911	373	238	650	492	53	410	690
NB	27	20	24	30	27	16	21	1	19	26
BA	2070	1787	1201	2152	1162	720	1643	833	1389	1389
PB	28	17	20	63	29	16	21	99	18	21
U2O3	1	2	1	1	1	2	1	1	1	2
CIPW-NORM (GEW.-%)										
Q	5.43	23.05	10.96	0	3.63	21.20	9.22	26.38	2.83	24.08
C	0	.03	1.70	.82	0	0	0	.02	0	1.50
OR	22.79	26.95	22.61	18.25	8.91	29.77	23.63	30.39	15.21	23.79
AB	24.95	23.13	19.94	33.66	18.76	20.16	30.69	34.89	21.95	15.01
AN	19.43	13.50	18.81	17.80	26.74	13.84	16.88	5.32	24.82	17.74
PL	44.37	36.63	38.75	51.45	45.50	34.00	47.57	41.21	46.77	32.75
NE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
WO1	.50	0	0	0	1.21	3.15	.85	0	.25	0
EN1	.34	0	0	0	.86	.64	.55	0	.18	0
FS1	.12	0	0	0	.25	2.74	.24	0	.05	0
DI	.96	0	0	0	2.32	6.53	1.63	0	.49	0
WO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
EN2	10.12	3.94	10.48	9.43	16.96	.88	6.40	.55	14.55	5.91
FS2	3.46	2.55	3.39	2.48	4.83	3.76	2.81	.61	4.10	2.89
HY	13.58	6.50	13.87	11.91	21.79	4.64	9.21	1.17	18.64	8.80
FO1	0	0	0	2.71	0	0	0	0	0	0
FY1	0	0	0	.79	0	0	0	0	0	0
OL	0	0	0	3.50	0	0	0	0	0	0
MT	5.20	3.26	4.98	5.02	7.41	1.12	3.93	.56	6.37	4.01
HM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
IL	4.26	2.43	4.07	4.16	6.25	1.71	2.95	.23	5.54	3.22
RU	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AP	3.42	1.15	3.05	4.88	4.20	1.93	1.86	.05	4.16	1.85

	1229602	1232300	1235200	1236201	1236202	1236400	1238000	1238001	1238003	1238004
	11	11	22	11	11	22	11	22	22	22
HAUPT- UND NEBENELEMENTE (GEW.-%)										
SIO2	62.42	67.32	55.11	66.93	57.73	52.81	69.33	54.10	55.80	59.06
AL2O3	15.29	15.71	14.45	16.17	15.25	14.29	14.05	15.10	14.36	14.98
FEO	3.67	2.04	5.19	2.15	4.67	6.03	2.07	5.33	4.92	5.20
FE2O3	2.44	1.36	3.46	1.44	3.11	4.02	1.38	3.55	3.28	3.47
MGO	1.80	.88	3.97	1.09	3.28	4.37	.45	3.84	3.83	2.28
MNO	.07	.08	.12	.07	.13	.13	.08	.12	.13	.13
CAO	3.43	1.90	5.81	2.26	4.96	6.30	2.33	5.53	5.42	4.08
NA2O	2.83	2.61	3.48	1.75	2.48	2.83	2.78	3.79	3.48	1.59
K2O	6.00	5.86	3.23	6.07	4.17	3.11	5.44	3.49	3.68	4.08
TIO2	1.37	.66	2.27	.66	1.99	2.93	.65	2.54	2.34	1.74
P2O5	.55	.25	1.37	.26	1.09	1.39	.29	1.60	1.44	1.04
GV	.34	.54	.70	.51	.63	.76	.70	.31	.62	.49
SUMME	100.21	99.21	99.16	99.36	99.49	98.97	99.55	99.30	99.30	98.14
SPURENELEMENTE (PPM)										
V	150	63	260	88	231	307	68	287	231	313
CR	33	26	52	27	60	47	19	64	59	27
CO	10	6	41	6	18	29	5	18	18	36
NI	13	16	36	21	34	34	27	44	39	8
CU	23	21	29	32	34	48	20	41	33	24
ZN	127	142	127	114	129	128	142	136	130	136
GA	30	24	20	20	22	24	27	26	24	26
RB	110	152	89	152	104	97	264	88	99	159
SR	706	470	777	631	1014	973	272	1013	1088	566
Y	45	66	59	23	45	51	14	45	44	44
ZR	554	533	282	264	285	377	549	61	389	674
NB	22	21	21	17	13	25	25	24	24	25
BA	2136	1376	1226	1844	1925	1922	1051	2199	2018	712
PB	22	29	17	37	27	26	45	24	24	24
U2O3	1	4	1	2	2	4	4	2	2	1
CIPW-NORM (GEW.-%)										
Q	13.74	24.50	7.79	27.20	13.57	8.03	26.92	4.93	8.00	23.55
C	0	2.25	0	3.27	.25	0	.05	0	0	3.09
OR	35.47	35.06	19.35	36.26	24.88	18.67	32.49	20.79	21.99	24.64
AB	23.95	22.36	29.85	14.97	21.19	24.33	23.77	32.33	29.79	13.75
AN	11.30	7.89	14.46	9.62	17.65	17.38	9.77	13.99	12.84	13.74
PL	35.25	30.25	44.31	24.58	38.84	41.71	33.54	46.32	42.61	27.49
NE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
WO1	.89	0	2.37	0	0	2.15	0	1.30	2.02	0
EN1	.52	0	1.63	0	0	1.50	0	.90	1.41	0
FS1	.32	0	.55	0	0	.47	0	.29	.44	0
DI	1.73	0	4.55	0	0	4.12	0	2.50	3.87	0
WO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
EN2	3.96	2.22	8.39	2.74	8.25	9.56	1.13	8.74	8.23	5.80
FS2	2.40	1.85	2.86	1.95	3.23	2.98	1.91	2.84	2.54	4.39
HY	6.36	4.07	11.26	4.69	11.48	12.54	3.04	11.58	10.77	10.13
FO1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
FY1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
OL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MT	3.54	2.00	5.09	2.11	4.55	5.92	2.02	5.19	4.81	5.14
HM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
IL	2.60	1.27	4.37	1.27	3.82	5.65	1.25	4.86	4.49	3.38
RU	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AP	1.30	.60	3.29	.62	2.61	3.35	.69	3.82	2.45	2.52

	1238005	1238006	1238008	1238009	1238010	1238011	1238013	1238014	1238015	1238016
	22	11	11	22	22	11	22	11	11	11
HAUPT- UND NEBENELEMENTE (GEW.-%)										
SIO2	55.69	65.56	66.87	54.76	56.43	61.16	53.79	67.39	67.52	60.26
AL2O3	15.76	16.52	15.96	15.18	15.92	16.48	15.99	14.68	15.61	14.58
FEO	5.75	2.20	1.84	5.88	4.67	4.10	5.32	2.31	1.99	4.28
FE2O3	3.83	1.47	1.23	3.92	3.12	2.73	3.55	1.54	1.33	2.85
MGO	3.57	.97	1.10	3.11	2.59	2.15	3.34	.95	1.16	3.53
MNO	.12	.07	.08	.12	.09	.09	.12	.10	.08	.08
CAO	5.51	2.27	2.15	4.73	4.13	4.02	5.21	2.32	1.94	4.88
NA2O	1.94	1.91	2.32	3.48	4.53	1.60	3.54	2.21	2.11	1.89
K2O	3.75	6.32	6.24	3.89	4.33	4.76	4.28	6.20	6.26	4.13
TIO2	1.74	.77	.61	2.39	1.84	1.20	2.34	.70	.55	1.64
P2O5	.94	.29	.21	1.39	1.00	.53	1.25	.31	.21	.90
GV	.72	.60	.48	.44	.48	.14	.39	.44	.53	.48
SUMME	99.32	98.95	99.09	99.29	99.13	98.96	99.12	99.15	99.29	99.50
SPURENELEMENTE (PPM)										
V	268	78	57	349	229	179	294	71	171	158
CR	56	25	5	47	31	41	32	53	62	47
CO	22	6	8	30	18	11	23	5	15	23
NI	35	17	17	32	17	26	20	31	45	32
CU	39	26	22	40	28	30	36	14	35	32
ZN	134	115	84	127	140	129	119	136	141	129
GA	23	21	21	26	26	23	25	27	23	24
RB	90	201	177	87	110	104	87	147	115	107
SR	1162	591	579	824	806	754	850	492	1017	1012
Y	49	36	27	45	48	39	56	42	41	45
ZR	538	594	562	423	437	393	449	449	444	303
NB	23	22	19	25	25	20	26	21	20	21
BA	1766	1470	1161	1829	1896	1810	2061	1382	1415	1588
PB	26	46	34	18	21	21	18	26	35	30
U2O3	1	5	4	1	3	2	2	4	2	3
CIPW-NORM (GEW.-%)										
Q	13.48	24.33	23.39	7.02	2.94	21.89	3.24	24.59	25.40	19.04
C	.75	3.15	2.01	0	0	2.68	0	.87	2.37	.29
OR	22.44	37.94	37.36	23.21	25.90	28.43	25.57	37.07	37.42	24.62
AB	16.62	16.42	19.89	29.73	38.80	13.68	30.28	18.92	18.06	16.13
AN	21.46	9.52	9.42	14.45	10.44	16.66	15.27	9.60	8.35	18.49
PL	38.08	25.93	29.31	44.18	49.24	30.34	45.55	28.52	26.41	34.62
NE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
WO1	0	0	0	.03	1.54	0	1.09	0	0	0
EN1	0	0	0	.02	.96	0	.72	0	0	0
FS1	0	0	0	.01	.49	0	.29	0	0	0
DI	0	0	0	.06	2.98	0	2.10	0	0	0
WO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
EN2	9.00	2.45	2.78	7.80	5.57	5.41	7.69	2.39	2.92	8.87
FS2	5.03	1.84	1.67	4.09	2.85	3.67	3.16	2.21	1.97	3.12
HY	14.03	4.30	4.45	11.89	8.42	9.08	10.85	4.61	4.89	11.99
FO1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
FY1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
OL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MT	5.62	2.17	1.81	5.74	4.58	4.00	5.20	2.26	1.95	4.17
HM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
IL	3.35	1.49	1.17	4.58	3.54	2.39	4.49	1.35	1.06	3.14
RU	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AP	2.25	.70	.50	3.32	2.40	1.27	2.99	.74	.50	2.15

	1239201	1239203	1241001	1241002	1241003	1241004	1241005	1241006	1241007	1241008
	31	12	22	22	22	11	22	11	22	22
HAUPT- UND NEBENELEMENTE (GEW.-%)										
SIO2	67.14	65.61	57.10	53.19	52.38	60.95	58.63	67.25	56.76	60.02
AL2O3	14.48	15.43	17.73	14.56	14.37	13.80	14.41	16.75	14.54	13.89
FEO	2.54	3.76	3.76	5.87	5.85	4.35	4.78	1.73	4.88	4.74
FE2O3	1.69	.66	2.51	3.91	3.90	2.90	3.19	1.15	3.26	3.16
MGO	.47	1.18	3.22	4.23	4.26	2.70	2.88	1.04	3.57	3.32
MNO	.10	.08	.59	.13	.13	.12	.13	.06	.14	.11
CAO	2.99	2.84	4.51	5.72	5.75	1.99	4.65	1.81	4.96	4.22
NA2O	3.08	2.84	3.47	4.32	3.57	2.88	2.48	2.34	3.67	1.98
K2O	5.28	5.53	4.16	3.48	3.22	4.49	4.07	6.42	3.47	3.67
TIO2	.71	.89	1.29	2.89	3.07	4.21	2.19	.51	2.28	2.15
P2O5	.17	.28	.64	1.74	1.85	1.03	1.19	.17	1.19	1.24
GV	.39	.44	.95	.59	.88	.57	.62	.64	.77	.78
SUMME	99.04	99.54	99.93	100.63	99.23	99.99	99.22	99.87	99.49	99.28
SPURENELEMENTE (PPM)										
V	86	92	160	223	432	207	221	39	173	147
CR	54	34	29	78	76	25	44	24	52	52
CO	11	9	30	9	24	18	19	3	7	9
NI	29	17	21	63	51	9	26	34	47	37
CU	13	21	21	56	50	21	34	22	47	30
ZN	58	98	157	172	136	119	138	115	177	167
GA	31	24	26	24	24	26	25	18	21	25
RB	180	122	122	74	80	106	105	150	97	133
SR	392	722	348	1085	1076	821	837	636	971	662
Y	33	46	12	44	51	51	52	17	43	34
ZR	730	563	59	276	709	432	476	264	289	437
NB	23	19	18	25	25	22	24	12	22	25
BA	828	1869	833	2440	1870	1574	1423	1890	2053	1568
PB	26	26	19	26	21	22	23	38	31	27
U2O3	5	1	1	1	1	1	2	2	3	3
CIPW-NORM (GEW.-%)										
Q	22.33	18.66	6.13	1.11	5.18	21.72	16.56	23.55	9.10	22.92
C	0	.28	.85	0	0	3.06	.32	3.09	0	1.98
OR	31.59	32.94	24.68	20.51	19.30	26.64	24.34	38.21	20.73	21.98
AB	26.39	24.23	29.47	36.46	30.64	24.47	21.24	19.94	31.39	16.98
AN	10.22	12.36	18.26	10.03	13.87	3.16	15.48	7.92	13.09	13.01
PL	36.61	36.59	47.74	46.49	44.52	27.62	36.72	27.86	44.48	29.98
NE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
WO1	1.54	0	0	2.89	1.17	0	0	0	1.64	0
EN1	.51	0	0	2.02	.84	0	0	0	1.12	0
FS1	1.07	0	0	.63	.23	0	0	0	.38	0
DI	3.12	0	0	5.54	2.24	0	0	0	3.14	0
WO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
EN2	.68	2.96	8.05	8.48	9.93	6.75	7.26	2.61	7.86	8.38
FS2	1.42	5.23	4.91	2.63	2.75	0	3.05	1.62	2.67	2.99
HY	2.10	8.19	12.96	11.11	12.67	6.75	10.31	4.23	10.54	11.37
FO1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
FY1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
OL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MT	2.48	.96	3.65	5.65	5.74	2.61	4.68	1.68	4.78	4.64
HM	0	0	0	0	0	1.11	0	0	0	0
IL	1.37	1.70	2.46	5.47	5.91	8.03	4.21	.98	4.38	4.14
RU	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AP	.41	.67	1.52	4.11	4.45	2.45	2.85	.41	2.85	2.98

	1241009	1241010	1241011	1241012	1241013	1241014	1241015	1241017	1241018	1241019
	11	11	11	11	11	11	11	22	22	22
HAUPT- UND NEBENELEMENTE (GEW.-%)										
SIO2	73.13	70.87	68.96	69.75	68.71	63.62	79.09	50.65	56.09	53.23
AL2O3	13.93	13.47	14.43	14.77	14.63	15.65	10.64	14.40	14.51	14.67
FEO	1.01	2.12	2.12	1.62	1.99	3.26	.47	6.22	5.26	5.96
FE2O3	.67	1.42	1.42	1.08	1.33	2.18	.31	4.15	3.51	3.97
MGO	.65	.80	.87	.64	.87	1.44	.40	5.36	4.19	4.33
MNO	.02	.06	.07	.54	.07	.09	.01	.18	.14	.13
CAO	1.19	1.64	1.92	1.77	1.89	3.17	.87	7.24	5.69	5.72
NA2O	2.49	2.68	2.32	3.01	2.74	1.93	1.99	2.98	2.67	2.79
K2O	5.47	5.13	5.33	5.68	5.49	4.95	5.37	2.78	3.07	3.23
TIO2	.35	.70	.65	.50	.62	1.04	.03	2.68	2.11	3.03
P2O5	.05	.30	.26	.16	.22	.41	.02	1.49	1.09	1.74
GV	.50	.60	.65	.45	.68	.96	.52	.68	.98	.51
SUMME	99.46	99.79	99.00	99.97	99.24	98.70	99.72	98.81	99.31	99.31
SPURENELEMENTE (PPM)										
V	29	43	304	34	41	143	13	228	162	370
CR	11	49	49	1	28	12	10	54	48	67
CO	1	3	33	2	2	12	5	15	9	32
NI	38	32	19	8	29	10	21	37	35	41
CU	22	19	23	20	15	26	14	28	31	38
ZN	238	163	127	142	202	136	154	173	171	131
GA	18	23	30	18	26	25	16	26	27	26
RB	134	149	136	145	156	120	118	87	83	74
SR	584	439	652	43	411	691	260	1003	1178	1084
Y	10	33	45	20	26	57	1	52	36	47
ZR	184	413	623	305	368	591	80	342	304	449
NB	8	19	24	15	18	18	3	26	22	24
BA	1876	1385	979	1252	1011	1339	729	1607	2287	1461
PB	41	28	26	27	30	27	22	22	29	20
U2O3	2	4	4	1	1	1	1	5	1	1
CIPW-NORM (GEW.-%)										
Q	34.32	31.20	29.99	24.70	26.58	24.93	44.64	3.33	12.46	9.50
C	1.89	1.25	2.01	.83	1.29	2.39	.02	0	0	.35
OR	32.66	30.54	32.00	33.54	32.89	29.89	31.99	16.70	18.41	19.28
AB	21.29	22.84	19.94	25.45	23.50	16.69	16.97	25.63	22.93	23.84
AN	5.63	6.22	7.95	7.73	8.05	13.33	4.22	17.99	18.82	17.18
PL	26.92	29.07	27.89	33.18	31.55	30.02	21.19	43.62	41.75	41.02
NE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
WO1	0	0	0	0	0	0	0	3.60	1.09	0
EN1	0	0	0	0	0	0	0	2.50	.74	0
FS1	0	0	0	0	0	0	0	.79	.27	0
DI	0	0	0	0	0	0	0	5.90	2.09	0
WO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
EN2	1.64	2.01	2.20	1.59	2.20	3.67	1.00	11.06	9.86	10.89
FS2	.81	1.80	1.94	3.26	1.82	2.86	.60	3.51	3.58	3.18
HY	2.44	3.81	4.14	4.86	4.01	6.53	1.60	14.58	13.44	14.07
FO1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
FY1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
OL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MT	.98	2.07	2.09	1.56	1.95	3.23	.45	5.12	5.17	5.81
HM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
IL	.67	1.34	1.25	.95	1.19	2.02	.06	5.17	4.07	5.81
RU	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AP	.12	.72	.63	.38	.53	.99	.05	3.59	2.62	4.16

	1241020	1241021	1241201	1241203	1241400	1241600	1241801	1241803	1242601	1242602
	11	11	22	22	11	22	12	22	51	33
HAUPT- UND NEBENELEMENTE (GEW.-%)										
SIO2	60.77	73.70	57.34	51.46	69.15	55.20	68.98	58.71	64.02	49.90
AL2O3	17.20	13.74	15.42	15.59	14.10	14.93	14.59	14.81	16.87	14.74
FEO	3.71	.53	4.53	5.96	1.77	5.38	2.70	4.59	4.62	6.39
FE2O3	2.47	.35	3.02	3.98	1.18	3.59	.48	3.06	.82	4.26
MGO	2.44	.54	2.88	4.98	1.05	3.65	.01	3.36	1.59	5.10
MNO	.10	.05	.12	.13	.08	.11	.07	.09	.20	.14
CAO	3.51	.75	4.34	6.74	3.16	5.70	2.58	4.92	2.88	6.56
NA2O	1.17	2.31	3.68	1.90	3.87	2.47	2.78	2.61	2.58	2.11
K2O	5.05	7.49	4.27	3.33	3.41	3.52	5.11	3.94	2.23	3.30
TIO2	1.19	.15	1.94	2.85	.47	2.55	.67	1.94	.74	3.09
P2O5	.43	.01	.97	1.85	.12	1.17	.24	1.04	1.69	2.27
GV	.62	.41	.54	.51	.46	.60	.74	.38	.73	.90
SUMME	98.66	100.03	99.05	99.28	98.82	98.87	98.95	99.45	98.97	98.76
SPURENELEMENTE (PPM)										
V	94	11	123	315	75	405	62	340	108	343
CR	17	1	38	52	37	94	1	119	35	82
CO	6	1	4	25	8	19	7	102	16	22
NI	15	22	24	33	27	61	1	78	26	55
CU	25	16	40	45	23	52	13	119	20	56
ZN	125	149	154	137	130	183	111	89	102	143
GA	21	15	28	25	28	36	27	18	23	23
RB	116	137	96	79	163	321	242	36	91	69
SR	883	572	962	1045	383	1065	289	250	372	1437
Y	38	6	63	49	42	14	27	28	46	44
ZR	377	74	549	440	529	848	587	127	284	424
NB	20	2	27	25	18	35	25	19	12	25
BA	2101	1636	3129	1588	941	1785	1001	100	767	2229
PB	27	44	23	24	31	184	36	13	15	32
U2O3	1	1	3	1	1	2	3	1	1	1
CIPW-NORM (GEW.-%)										
Q	23.68	29.03	7.93	9.55	26.01	12.08	27.16	14.69	33.87	8.25
C	4.54	.49	0	1.05	0	0	.38	0	9.16	1.23
OR	30.40	44.41	25.57	19.88	20.47	21.13	30.72	23.47	13.37	19.87
AB	10.09	19.61	31.55	16.24	33.26	21.23	23.93	22.26	22.16	18.20
AN	14.88	3.67	13.12	21.57	11.20	19.56	11.43	17.19	3.29	18.05
PL	24.96	23.28	44.67	37.81	44.47	40.79	35.36	39.45	25.45	36.25
NE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
WO1	0	0	.95	0	1.64	.58	0	.23	0	0
EN1	0	0	.62	0	.93	.40	0	.16	0	0
FS1	0	0	.27	0	.64	.14	0	.06	0	0
DI	0	0	1.84	0	3.21	1.12	0	.45	0	0
WO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
EN2	6.19	1.35	6.65	12.53	1.73	8.83	.03	8.28	4.02	12.95
FS2	3.24	.62	2.84	3.47	1.19	3.02	3.78	3.00	7.44	3.70
HY	9.43	1.97	9.49	16.00	2.91	11.86	3.81	11.28	11.46	16.65
FO1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
FY1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
OL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MT	3.65	.51	4.44	5.83	1.74	5.29	.71	4.47	1.21	6.29
HM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
IL	2.30	.29	3.73	5.47	.91	4.92	1.29	3.71	1.43	5.98
RU	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AP	1.04	.02	2.33	4.43	.29	2.82	.58	2.48	4.06	5.48

	1242800	1243000	1243401	1243402	1243600	1254804	2100101	2100102	2100103	2100200
	12	12	51	31	33	63	62	61	62	61
HAUPT- UND NEBENELEMENTE (GEW.-%)										
SIO2	65.91	64.13	64.80	67.92	48.41	98.86	62.14	75.77	70.44	74.23
AL2O3	16.31	15.24	16.33	14.68	15.49	1.17	20.23	13.00	15.22	13.45
FEO	2.62	4.18	4.17	2.45	5.18	.26	1.72	1.03	1.19	.95
FE2O3	.46	.74	.74	1.64	3.45	.05	.30	.18	.21	.17
MGO	.37	1.49	1.31	.82	7.42	.01	.10	.10	.34	.01
MNO	.09	.12	.17	.08	.13	.03	.01	.06	.05	.02
CAO	2.79	2.99	3.34	3.12	7.52	.01	4.48	1.13	2.47	3.79
NA2O	2.86	3.49	4.23	1.98	4.08	0	8.29	3.09	3.12	3.99
K2O	6.72	5.38	2.22	4.46	3.50	.18	1.46	4.78	5.31	2.00
TIO2	.66	1.05	.64	.78	2.08	.06	.13	.08	.14	.14
P2O5	.18	.40	.07	.27	1.39	.01	.11	.02	.04	.03
GV	.59	.42	.78	.83	.39	.32	.47	.36	.31	.36
SUMME	99.56	99.63	98.80	99.03	99.04	100.96	99.44	99.60	98.84	99.14
SPURENELEMENTE (PPM)										
V	63	128	77	85	267	38	29	17	11	9
CR	9	91	60	15	62	31	71	60	65	25
CO	6	11	11	10	35	6	6	5	5	4
NI	1	66	37	11	41	27	46	42	40	38
CU	21	40	18	21	66	12	32	29	22	21
ZN	88	154	120	90	85	262	122	171	122	77
GA	23	30	24	23	18	22	29	22	28	24
RB	118	111	96	112	65	136	52	164	141	74
SR	755	511	345	475	1711	117	425	122	285	335
Y	49	63	44	35	51	1	33	51	6	17
ZR	474	1104	239	468	140	155	1539	35	1	238
NB	17	21	13	17	23	11	13	14	13	1
BA	2066	715	874	1365	2714	742	861	977	1341	495
PB	25	24	16	17	33	21	16	47	33	17
U2O3	1	4	1	1	1	1	4	4	1	1
CIPW-NORM (GEW.-%)										
Q	16.19	13.67	20.13	31.75	0	0	0	36.41	25.79	36.33
C	0	0	1.08	1.60	0	0	0	.74	0	0
OR	40.08	32.00	13.36	26.81	20.92	0	8.72	28.44	31.83	11.96
AB	24.43	29.72	36.45	17.04	22.33	0	69.41	26.33	26.78	34.17
AN	11.93	10.09	16.41	13.95	13.77	0	13.82	5.51	12.01	13.04
PL	36.36	39.82	52.86	31.00	36.10	0	83.23	31.84	38.79	47.21
NE	0	0	0	0	6.82	0	.79	0	0	0
AC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
WO1	.36	.92	0	0	6.17	0	2.72	0	.06	1.32
EN1	.08	.36	0	0	4.63	0	.25	0	.02	.03
FS1	.30	.57	0	0	.93	0	2.76	0	.05	1.46
DI	.74	1.85	0	0	11.73	0	5.74	0	.13	2.81
WO	0	0	0	0	0	0	.58	0	0	1.10
EN2	.85	3.37	3.32	2.08	0	0	0	.25	.84	0
FS2	3.41	5.25	6.74	2.19	0	0	0	1.85	1.95	0
HY	4.26	8.62	10.07	4.27	0	0	0	2.10	2.79	0
FO1	0	0	0	0	9.86	0	0	0	0	0
FY1	0	0	0	0	2.18	0	0	0	0	0
OL	0	0	0	0	12.04	0	0	0	0	0
MT	.67	1.08	1.09	2.42	5.06	0	.44	.26	.31	.25
HM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
IL	1.27	2.01	1.24	1.51	4.00	0	.25	.15	.27	.27
RU	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AP	.43	.95	.17	.65	3.33	0	.26	.05	.10	.07

	2100202	2100203	2100204	2100205	2100206	2100400	2100601	2100802	2100900	2100902
	62	61	61	62	61	12	22	31	11	33
HAUPT- UND NEBENELEMENTE (GEW.-%)										
SIO2	49.97	73.51	62.27	66.92	60.43	67.71	54.37	67.39	59.76	56.12
AL2O3	15.02	14.45	14.99	13.67	16.69	14.22	15.18	14.11	14.18	15.02
FEO	9.15	1.00	5.29	4.29	4.79	3.25	5.44	2.68	5.42	5.30
FE2O3	1.61	.18	.93	.76	.85	.57	3.62	1.79	3.61	3.53
MGO	8.16	.49	2.26	.60	1.99	.44	4.23	.99	3.23	3.87
MNO	.16	.01	.07	.15	.06	.12	.12	.12	.13	.14
CAO	9.87	2.39	4.12	3.93	4.11	3.23	5.50	2.39	5.38	5.16
NA2O	2.17	3.70	3.06	1.74	3.18	2.11	2.67	2.51	.25	1.65
K2O	1.32	3.39	3.81	5.30	5.09	5.83	3.37	5.52	3.65	4.73
TIO2	1.89	.17	1.38	.89	1.29	.64	2.30	.81	1.71	2.15
P2O5	.27	.01	.73	.39	.73	.18	1.52	.40	.94	1.41
GV	.47	.55	.29	.56	.30	.74	.87	.61	.38	.76
SUMME	100.06	99.85	99.10	99.20	99.47	99.04	99.19	99.32	98.64	99.84
SPURENELEMENTE (PPM)										
V	468	14	165	126	136	76	328	89	216	318
CR	113	47	60	1	26	32	52	1	34	36
CO	219	4	13	19	17	13	43	8	17	36
NI	48	1	36	1	9	22	19	1	30	13
CU	61	16	30	19	24	21	33	19	49	27
ZN	67	80	149	111	96	103	120	182	142	159
GA	19	18	26	21	28	26	24	27	27	25
RB	23	96	132	193	91	226	85	213	93	160
SR	398	325	815	506	940	378	1286	384	955	880
Y	22	14	53	64	42	47	39	74	63	45
ZR	212	192	552	800	507	570	429	479	411	441
NB	22	1	23	26	20	25	23	25	25	27
BA	1	601	1585	744	1312	584	1614	955	1828	1074
PB	9	17	31	28	23	39	28	41	26	32
U2O3	1	1	4	4	1	3	2	4	1	4
CIPW-NORM (GEW.-%)										
Q	0	32.76	16.68	26.40	10.06	24.81	10.64	25.33	28.99	13.95
C	0	.38	.09	0	.23	0	.79	.63	2.32	1.19
OR	7.82	20.17	22.76	31.70	30.30	35.00	20.21	33.00	21.91	28.15
AB	18.40	31.53	26.18	14.90	27.11	18.14	22.93	21.49	2.15	14.06
AN	27.41	11.87	15.84	14.00	15.74	12.30	17.61	9.35	20.87	16.50
PL	45.81	43.40	42.02	28.90	42.84	30.44	40.55	30.84	23.02	30.56
NE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
WO1	8.31	0	0	1.31	0	1.16	0	0	0	0
EN1	4.84	0	0	.27	0	.23	0	0	0	0
FS1	3.08	0	0	1.14	0	1.02	0	0	0	0
DI	16.23	0	0	2.72	0	2.41	0	0	0	0
WO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
EN2	11.33	1.23	5.69	1.24	4.89	.88	10.69	2.49	8.17	9.71
FS2	7.22	1.45	7.00	5.27	6.23	3.95	3.70	2.58	4.70	3.81
HY	18.55	2.68	12.69	6.52	11.12	4.83	14.40	5.08	12.88	13.52
FO1	2.94	0	0	0	0	0	0	0	0	0
FY1	2.07	0	0	0	0	0	0	0	0	0
OL	5.01	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MT	2.34	.26	1.36	1.12	1.24	.84	5.33	2.63	5.32	5.15
HM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
IL	3.60	.33	2.65	1.71	2.47	1.23	4.43	1.56	3.30	4.11
RU	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AP	.64	.02	1.75	.93	1.74	.43	3.65	.96	2.26	3.36

	2101000	2101100	2101200	2101201	2101202	2101203	2101204	2101300	2101600	2101601
	22	21	11	11	22	22	11	62	22	11
HAUPT- UND NEBENELEMENTE (GEW.-%)										
SIO2	56.18	50.19	73.97	68.09	55.56	56.76	61.80	51.21	55.20	69.65
AL2O3	14.36	13.31	13.64	15.48	14.41	14.77	14.43	13.43	14.52	13.83
FEO	5.72	6.49	.61	2.11	5.55	5.88	4.43	11.11	5.50	2.74
FE2O3	3.81	4.33	.41	1.41	3.70	3.92	2.95	1.96	3.67	1.49
MGO	3.62	5.50	.12	1.16	3.13	3.41	2.59	5.35	3.77	.64
MNO	.14	.14	.04	.08	.13	.15	.11	.25	.13	.10
CAO	5.38	6.35	1.41	2.13	5.27	5.92	4.55	8.88	5.32	2.34
NA2O	1.23	3.96	2.74	1.93	4.23	1.99	1.59	1.22	2.34	2.26
K2O	3.64	3.09	5.45	5.44	3.21	3.53	3.55	.81	3.66	5.12
TIO2	2.44	2.96	.05	.61	2.25	1.72	1.40	2.28	2.46	.71
P2O5	1.48	2.12	.01	.21	1.29	.88	.67	.26	1.58	.25
GV	.54	.65	.52	.40	.60	.45	.48	1.49	.54	.50
SUMME	98.54	99.09	98.97	99.05	99.33	99.38	98.55	98.25	98.69	99.13
SPURENELEMENTE (PPM)										
V	292	349	15	76	246	255	143	541	291	84
CR	75	79	22	48	47	47	71	79	47	23
CO	19	24	5	5	17	28	18	105	19	9
NI	49	66	16	29	36	29	56	40	41	24
CU	55	86	11	25	54	35	69	36	32	15
ZN	171	137	116	141	144	121	133	124	168	157
GA	22	21	22	25	23	22	28	22	27	25
RB	84	63	212	168	93	89	114	17	106	207
SR	940	1395	166	570	1128	1123	870	335	889	405
Y	56	60	1	21	48	50	48	30	63	54
ZR	560	147	72	260	161	173	275	187	641	493
NB	24	25	13	20	25	23	24	20	25	21
BA	1707	2316	828	1751	2160	2033	1577	1	1411	765
PB	24	31	48	41	31	27	47	9	26	39
U2O3	1	1	12	2	3	3	3	1	3	5
CIPW-NORM (GEW.-%)										
Q	20.97	0	34.13	29.81	6.12	14.69	25.98	10.73	13.66	31.09
C	2.20	0	.70	3.09	0	0	1.33	0	.83	.93
OR	21.90	18.50	32.70	32.56	19.17	21.04	21.36	4.93	21.99	30.64
AB	10.60	33.95	23.54	16.54	36.18	16.99	13.70	10.64	20.13	19.37
AN	17.33	9.54	7.04	9.31	10.97	21.13	18.53	29.66	16.34	10.10
PL	27.93	43.49	30.58	25.85	47.15	38.11	32.22	40.30	36.47	29.47
NE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
WO1	0	3.48	0	0	2.90	1.13	0	5.84	0	0
EN1	0	2.47	0	0	1.81	.65	0	2.64	0	0
FS1	0	.72	0	0	.91	.41	0	3.16	0	0
DI	0	6.67	0	0	5.62	2.20	0	11.65	0	0
WO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
EN2	9.18	9.96	.30	2.93	6.07	7.91	6.57	11.09	9.55	1.61
FS2	3.92	2.89	.86	2.03	3.04	4.91	3.85	13.27	3.55	2.11
HY	13.10	12.85	1.16	4.95	9.10	12.82	10.43	24.36	13.09	3.72
FO1	0	1.02	0	0	0	0	0	0	0	0
FY1	0	.32	0	0	0	0	0	0	0	0
OL	0	1.34	0	0	0	0	0	0	0	0
MT	5.62	6.36	.60	2.07	5.42	5.73	4.35	2.93	5.41	2.19
HM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
IL	4.72	5.70	.10	1.17	4.32	3.30	2.71	4.46	4.75	1.37
RU	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AP	3.57	5.09	.02	.50	3.09	2.10	1.62	.63	3.80	.60

	2101602	2101604	2101900	2102001	2102002	2102003	2102004	2102100	2102300	2102401
	11	11	11	31	33	11	11	11	11	11
HAUPT- UND NEBENELEMENTE (GEW.-%)										
SIO2	68.15	69.85	60.60	71.39	50.54	69.07	69.22	73.14	63.94	66.88
AL2O3	14.23	14.66	14.21	14.39	14.50	14.60	13.83	12.83	15.07	13.82
FEO	2.49	1.84	4.53	1.58	5.54	2.03	2.51	1.38	3.46	3.27
FE2O3	1.66	1.22	3.02	1.05	3.69	1.35	1.68	.92	2.31	2.18
MGO	.85	.44	2.46	.84	7.00	.26	.51	.29	1.62	1.26
MNO	.11	.07	.11	.02	.15	.09	.09	.09	.07	.10
CAO	2.73	1.94	4.23	2.18	7.90	2.37	2.09	2.21	2.82	2.49
NA2O	2.33	2.00	1.85	3.00	2.70	1.58	2.63	1.37	2.46	1.37
K2O	5.38	5.91	4.29	3.77	5.30	6.53	4.67	5.78	5.10	5.05
TIO2	.80	.53	1.78	.63	2.50	.60	.67	.30	1.29	.88
P2O5	.36	.20	.98	.19	1.55	.19	.20	.03	.62	.39
GV	.51	.70	.61	.53	.02	.50	.68	.86	.81	.90
SUMME	99.60	99.36	98.67	99.57	101.39	99.17	98.78	99.20	99.57	98.59
SPURENELEMENTE (PPM)										
V	81	57	173	47	241	74	97	34	151	143
CR	66	20	27	49	206	14	8	1	21	35
CO	6	7	15	6	13	9	15	6	11	17
NI	44	22	14	37	119	14	10	14	14	24
CU	27	23	31	27	54	18	21	13	32	19
ZN	134	134	171	113	126	117	115	138	150	118
GA	30	25	29	27	25	22	26	24	27	25
RB	211	200	143	83	113	215	188	281	160	168
SR	475	437	760	1157	1496	405	434	207	604	410
Y	45	36	53	32	41	46	78	18	64	51
ZR	448	499	612	605	382	513	662	346	657	480
NB	24	20	27	13	27	19	21	21	25	21
BA	1308	759	1340	2113	3473	551	450	452	1446	1113
PB	55	47	31	42	43	43	35	64	31	25
U2O3	6	4	3	3	1	3	5	9	4	1
CIPW-NORM (GEW.-%)										
Q	27.08	30.94	22.35	33.95	0	29.43	30.81	37.83	22.49	32.77
C	.48	1.95	1.20	1.88	0	1.09	1.15	.38	1.88	2.56
OR	32.04	35.37	25.81	22.49	30.82	39.07	28.10	34.70	30.48	30.51
AB	19.87	17.14	15.94	25.62	17.84	13.54	22.66	11.78	21.06	11.85
AN	11.28	8.42	14.85	9.66	11.61	10.65	9.23	10.94	10.05	10.02
PL	31.15	25.56	30.78	35.29	29.45	24.18	31.89	22.72	31.11	21.88
NE	0	0	0	0	2.52	0	0	0	0	0
AC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
WO1	0	0	0	0	7.10	0	0	0	0	0
EN1	0	0	0	0	5.31	0	0	0	0	0
FS1	0	0	0	0	1.08	0	0	0	0	0
DI	0	0	0	0	13.49	0	0	0	0	0
WO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
EN2	2.13	1.11	6.24	2.11	0	.66	1.29	.73	4.08	3.21
FS2	2.31	1.78	3.35	1.08	0	1.98	2.49	1.64	2.61	3.19
HY	4.44	2.89	9.59	3.19	0	2.64	3.79	2.37	6.69	6.40
FO1	0	0	0	0	8.30	0	0	0	0	0
FY1	0	0	0	0	1.87	0	0	0	0	0
OL	0	0	0	0	10.17	0	0	0	0	0
MT	2.43	1.79	4.46	1.54	5.27	1.98	2.48	1.36	3.39	3.23
HM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
IL	1.53	1.02	3.44	1.21	4.67	1.15	1.30	.59	2.48	1.71
RU	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AP	.86	.48	2.36	.45	3.61	.46	.48	.07	1.49	.94

	2102402	2102403	2102801	2102802	2102803	2103001	2103002	2103100	2103200	2103501
	11	11	22	11	22	11	22	22	11	22
HAUPT- UND NEBENELEMENTE (GEW.-%)										
SIO2	63.37	63.62	58.17	69.14	56.07	59.18	51.90	59.28	64.81	57.25
AL2O3	14.39	14.73	13.63	14.14	13.57	14.12	14.12	16.10	14.66	13.42
FEO	4.41	3.88	5.71	2.42	6.23	6.10	6.07	4.62	3.13	5.93
FE2O3	2.94	2.59	3.81	1.62	4.16	4.06	4.04	3.08	2.09	3.95
MGO	2.16	2.07	3.86	.70	3.56	2.49	4.97	1.98	1.24	4.21
MNO	.12	.11	.14	.05	.16	.18	.17	.04	.10	.14
CAO	3.47	3.33	5.35	1.18	5.67	3.98	6.16	3.01	3.43	5.57
NA2O	.25	.99	.99	1.54	1.92	1.29	3.88	2.04	2.78	1.57
K2O	4.81	5.01	3.27	5.94	3.38	4.67	2.70	4.55	5.17	3.48
TIO2	1.33	1.14	2.18	.68	2.63	1.69	2.70	1.67	1.12	1.87
P2O5	.59	.50	1.29	.24	1.39	.70	1.59	1.08	.50	1.29
GV	.81	.73	.90	1.37	.59	.54	.57	1.23	.60	.61
SUMME	98.65	93.70	99.30	99.02	99.33	99.00	98.87	98.68	99.63	99.29
SPURENELEMENTE (PPM)										
V	216	168	281	86	332	244	344	259	141	311
CR	37	33	66	33	57	25	54	49	15	49
CO	12	12	25	11	25	30	35	18	15	36
NI	32	25	37	20	37	22	41	27	12	36
CU	42	24	28	20	54	33	42	26	19	38
ZN	206	181	175	127	160	175	121	175	123	154
GA	22	26	28	24	25	30	24	28	24	25
RB	147	148	184	229	76	154	62	134	161	97
SR	604	621	758	308	1125	424	1114	588	712	825
Y	60	53	61	81	56	83	56	57	54	71
ZR	747	644	623	842	459	1757	342	697	662	446
NB	25	25	29	25	25	32	23	24	22	25
BA	1335	1414	992	1007	1622	961	1664	1198	1200	1460
PB	26	26	38	40	28	17	20	25	29	20
U2O3	2	2	9	4	2	3	1	4	4	2
CIPW-NORM (GEW.-%)										
Q	33.40	28.82	24.72	34.35	16.80	21.21	2.62	22.69	20.40	18.13
C	3.96	2.88	1.85	3.69	0	1.40	0	5.06	0	.03
OR	29.01	30.18	19.60	35.92	20.18	27.97	16.19	27.56	30.81	20.80
AB	2.16	8.54	8.50	13.34	16.41	11.06	33.31	17.70	23.72	13.43
AN	13.63	13.51	18.37	4.39	18.62	15.37	13.33	8.07	12.36	19.42
PL	15.79	22.05	26.86	17.72	35.03	26.44	46.64	25.77	36.08	32.85
NE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
WO1	0	0	0	0	.26	0	2.98	0	.63	0
EN1	0	0	0	0	.17	0	2.07	0	.33	0
FS1	0	0	0	0	.08	0	.67	0	.28	0
DI	0	0	0	0	.51	0	5.71	0	1.24	0
WO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
EN2	5.49	5.25	9.75	1.78	8.79	6.28	10.49	5.06	2.78	10.60
FS2	4.00	3.58	4.32	2.22	4.22	5.80	3.38	3.41	2.29	5.12
HY	9.49	8.83	14.07	4.00	13.01	12.09	13.87	8.47	5.07	15.72
FO1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
FY1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
OL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MT	4.35	3.83	5.60	2.40	6.09	5.97	5.94	4.58	3.06	5.79
HM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
IL	2.58	2.21	4.20	1.32	5.05	3.25	5.20	3.25	2.15	3.59
RU	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AP	1.43	1.21	3.10	.58	3.33	1.68	3.82	2.62	1.19	2.09

	2103502	2103502	2103600	2103900	2104101	2104102	2104400	2104602	2104900	2105100
	22	22	21	12	22	22	22	11	11	11
HAUPT- UND NEBENELEMENTE (GEW.-%)										
SIO2	58.57	56.82	51.09	69.09	53.37	53.34	52.48	66.47	66.27	72.44
AL2O3	14.43	14.73	12.11	14.30	14.45	14.33	14.98	18.55	15.47	13.30
FEO	5.32	5.23	7.06	2.65	5.51	5.52	5.38	2.54	2.53	1.45
FE2O3	3.54	3.49	4.70	.47	3.67	3.68	3.59	1.69	1.69	.97
MGO	3.69	3.53	8.12	.63	4.96	5.11	4.86	1.32	1.33	.42
MNO	.14	.15	.16	.08	.12	.11	.11	.08	.08	.03
CAO	5.08	5.18	5.76	1.84	5.81	5.70	5.65	2.13	2.21	1.49
NA2O	1.04	1.97	1.57	3.06	1.59	2.04	4.76	1.79	1.87	1.94
K2O	3.93	4.17	2.83	5.68	4.17	4.14	3.17	5.85	5.92	5.90
TIO2	2.09	2.09	3.16	.56	2.73	2.64	1.93	.73	.76	.35
P2O5	1.04	1.29	2.18	.16	1.84	1.78	1.26	.26	.27	.12
GV	.48	.48	.25	.90	.70	.84	.78	.81	1.01	.75
SUMME	99.35	99.13	98.99	99.42	98.92	99.23	98.95	102.22	99.41	99.16
SPURENELEMENTE (PPM)										
V	217	217	718	73	320	178	206	109	38	35
CR	70	70	103	50	94	152	112	55	1	37
CO	22	22	112	8	17	4	18	6	4	5
NI	31	31	56	41	64	115	73	36	6	34
CU	28	28	46	23	50	69	55	24	16	22
ZN	117	117	124	107	158	192	134	155	110	101
GA	26	26	20	28	23	22	29	23	24	23
RB	90	90	51	203	108	105	83	239	180	185
SR	1239	1239	917	412	1098	1120	2165	499	342	585
Y	56	56	49	28	53	34	50	11	47	30
ZR	480	480	407	517	344	178	158	309	429	321
NB	24	24	28	19	24	26	24	23	21	16
BA	2234	2224	383	965	2160	3359	3396	1731	1217	1483
PB	27	27	13	47	32	36	94	158	27	52
U2O3	1	2	1	5	2	4	1	1	2	5
CIPW-NORM (GEW.-%)										
Q	22.46	15.11	10.91	23.70	12.33	9.52	0	26.40	26.13	35.00
C	1.74	.65	1.22	.16	1.18	.40	0	5.93	2.65	1.32
OR	23.44	24.92	16.89	34.04	25.03	24.81	19.05	34.06	35.52	35.41
AB	8.88	16.86	13.42	26.26	13.67	17.51	40.95	14.92	16.07	16.67
AN	18.58	17.47	14.47	8.20	17.07	16.99	10.32	8.74	9.34	6.71
PL	27.46	34.33	27.89	34.45	30.74	34.39	51.27	23.66	25.41	23.39
NE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
WO1	0	0	0	0	0	0	4.10	0	0	0
EN1	0	0	0	0	0	0	2.81	0	0	0
FS1	0	0	0	0	0	0	.96	0	0	0
DI	0	0	0	0	0	0	7.87	0	0	0
WO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
EN2	9.28	8.89	20.42	1.59	12.55	12.91	1.59	3.24	3.36	1.06
FS2	3.95	3.87	4.50	3.91	3.07	3.19	.54	2.33	2.33	1.42
HY	13.23	12.76	24.93	5.50	15.62	16.10	2.13	5.56	5.69	2.48
FO1	0	0	0	0	0	0	5.54	0	0	0
FY1	0	0	0	0	0	0	2.09	0	0	0
OL	0	0	0	0	0	0	7.63	0	0	0
MT	5.18	5.12	6.88	.69	5.41	5.41	5.29	2.41	2.49	1.43
HM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
IL	4.01	4.01	6.06	1.08	5.27	5.09	3.73	1.37	1.47	.68
RU	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AP	2.49	3.09	5.21	.38	4.43	4.28	3.03	.61	.65	.29

	2105300	2105501	2105502	2105503	2105900	2106000	2106101	2106102	2106200	2106300
	11	11	21	11	11	41	11	11	11	61
HAUPT- UND NEBENELEMENTE (GEW.-%)										
SIO2	70.31	73.92	57.11	59.98	65.05	67.53	73.91	76.13	71.72	71.47
AL2O3	14.09	14.47	16.55	14.21	14.28	15.69	13.60	12.73	13.83	13.82
FEO	2.06	.51	4.17	5.03	3.11	2.70	.96	.62	1.54	2.08
FE2O3	1.38	.34	2.78	3.35	2.07	.48	.64	.41	1.03	.37
MGO	.79	.15	3.56	2.93	1.88	1.24	.29	.33	.80	.75
MNO	.07	.02	.11	.12	.07	.07	.04	.02	.07	.06
CAO	1.37	1.24	7.31	5.17	3.17	4.36	1.31	.83	1.75	1.79
NA2O	1.89	2.28	2.96	.70	2.18	4.42	2.84	2.22	1.74	2.19
K2O	5.95	.15	1.60	4.03	4.47	2.09	5.49	6.32	5.88	5.81
TIO2	.49	1.02	1.01	1.59	1.34	.39	.16	.09	.33	.35
P2O5	.18	.04	.29	.76	.57	.05	.67	.01	.11	.15
GV	.76	.87	1.18	.60	.83	.70	.53	.55	.53	.60
SUMME	99.34	95.01	98.63	98.47	99.02	99.72	100.44	100.26	99.33	99.44
SPURENELEMENTE (PPM)										
V	64	15	76	210	122	60	21	4	40	40
CR	24	26	46	41	102	43	51	32	9	34
CO	6	5	42	17	11	9	5	5	5	6
NI	26	22	27	28	67	51	31	21	21	23
CU	14	12	18	37	37	37	17	10	18	21
ZN	148	137	155	143	154	126	109	165	127	142
GA	24	24	21	22	32	19	23	27	21	20
RB	224	220	81	116	170	115	207	227	267	231
SR	317	122	501	1049	618	457	384	469	234	263
Y	18	1	17	44	53	14	42	9	30	24
ZR	577	30	54	356	584	212	170	26	367	296
NB	20	12	15	25	26	9	15	16	22	21
BA	823	915	784	2012	1099	731	1172	1373	588	999
PB	45	53	16	29	44	26	63	75	61	48
U2O3	2	3	3	3	4	4	16	8	5	4
CIPW-NORM (GEW.-%)										
Q	32.42	60.87	13.64	25.74	26.80	22.04	34.53	36.56	34.08	30.86
C	2.51	8.92	0	1.14	1.48	0	2.21	.75	1.70	1.04
OR	35.64	.94	9.69	24.29	26.87	12.46	32.45	37.45	35.14	34.71
AB	16.21	20.49	25.67	6.04	18.77	37.74	24.03	18.84	14.89	18.74
AN	5.70	6.26	27.82	21.10	12.21	16.95	2.12	4.06	8.05	7.99
PL	21.91	26.74	53.49	27.14	30.98	54.70	26.16	22.90	22.94	26.72
NE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
WO1	0	0	3.09	0	0	1.90	0	0	0	0
EN1	0	0	1.98	0	0	.81	0	0	0	0
FS1	0	0	.91	0	0	1.09	0	0	0	0
DI	0	0	5.98	0	0	3.80	0	0	0	0
WO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
EN2	1.99	.40	7.11	7.44	4.76	2.31	.72	.82	2.02	1.89
FS2	2.12	0	3.29	4.38	2.08	3.12	1.12	.73	1.71	3.19
HY	4.12	.40	10.40	11.82	6.85	5.43	1.84	1.55	3.73	5.08
FO1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
FY1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
OL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MT	2.03	0	4.13	4.95	3.05	.70	.93	.60	1.51	.54
HM	0	.36	0	0	0	0	0	0	0	0
IL	.94	1.23	1.97	3.08	2.59	.75	.30	.17	.63	.67
RU	0	.43	0	0	0	0	0	0	0	0
AP	.43	.10	.70	1.84	1.37	.12	1.59	.02	.26	.36

	2106400	2106500	2106600	2106700	2106801	2106802	2106901	2106902	2106903	2107101
	22	22	21	22	22	11	22	11	11	11
HAUPT- UND NEBENELEMENTE (GEW.-%)										
SIO2	52.47	53.40	51.35	54.06	57.26	62.94	57.58	66.33	67.17	65.56
AL2O3	14.86	15.50	14.20	15.86	15.04	14.82	13.65	14.82	14.64	14.44
FEO	6.04	5.73	6.79	5.54	5.82	4.25	5.91	2.98	2.95	3.58
FE2O3	4.03	3.82	4.53	3.69	3.88	2.83	3.94	1.99	1.97	2.39
MGO	4.83	4.34	4.17	3.98	3.49	1.69	3.66	1.54	1.09	1.14
MNO	.12	.12	.13	.13	.13	.07	.14	.06	.08	.16
CAO	6.07	5.79	6.66	5.56	5.87	3.55	5.43	2.38	1.88	3.68
NA2O	2.15	2.14	3.77	2.43	1.00	2.50	.99	1.49	1.29	1.74
K2O	3.02	3.43	2.38	3.26	3.44	3.41	3.82	4.96	5.84	5.28
TIO2	2.76	2.49	2.83	2.04	1.79	1.59	2.18	.99	.99	1.09
P2O5	1.78	1.53	1.84	1.37	.95	.65	1.24	.42	.34	.41
GV	.75	.79	.67	.79	.42	.56	.72	.84	1.07	.44
SUMME	98.88	99.08	99.32	98.71	99.09	98.86	99.26	98.80	99.31	99.91
SPURENELEMENTE (PPM)										
V	358	283	38	257	277	221	279	88	122	143
CR	82	55	58	80	25	59	44	49	26	33
CO	40	18	35	18	36	18	24	3	6	16
NI	49	32	47	42	19	41	34	50	21	23
CU	40	39	51	42	32	31	53	25	15	32
ZN	159	168	146	142	110	178	143	232	195	147
GA	32	28	23	25	21	23	22	27	28	25
RB	91	112	61	90	80	93	93	168	221	169
SR	1034	1218	1167	1554	1282	948	884	472	432	673
Y	55	55	45	47	53	33	69	23	23	57
ZR	537	333	327	421	300	1159	423	759	725	717
NB	27	27	22	25	20	23	25	20	25	25
BA	935	2157	1641	2889	1772	1493	1815	1286	1157	942
PB	29	38	24	40	26	21	22	35	37	33
U2O3	3	1	2	2	1	3	2	1	6	2
CIPW-NORM (GEW.-%)										
Q	11.76	11.76	4.35	11.76	21.14	26.06	21.83	32.00	32.04	25.35
C	1.30	1.43	0	1.53	1.29	2.15	1.00	3.75	3.65	.15
OR	18.15	20.58	14.22	19.63	20.56	20.48	22.86	29.90	35.09	31.31
AB	18.50	18.39	32.26	20.96	8.56	21.50	8.48	12.86	11.10	14.77
AN	18.79	19.01	14.96	18.99	23.18	13.58	19.08	9.24	7.23	15.63
PL	37.29	37.40	47.22	39.94	31.74	35.08	27.56	22.10	18.33	30.41
NE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
WO1	0	0	2.63	0	0	0	0	0	0	0
EN1	0	0	1.70	0	0	0	0	0	0	0
FS1	0	0	.74	0	0	0	0	0	0	0
DI	0	0	5.08	0	0	0	0	0	0	0
WO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
EN2	12.23	10.97	8.80	10.10	8.79	4.28	9.23	3.91	2.76	2.85
FS2	3.71	3.76	3.84	4.32	5.07	3.15	4.58	2.46	2.49	3.41
HY	15.94	14.73	12.64	14.42	13.86	7.43	13.81	6.38	5.25	6.26
FO1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
FY1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
OL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MT	5.94	5.62	6.64	5.45	5.69	4.17	5.79	2.94	2.90	3.48
HM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
IL	5.33	4.80	5.44	3.95	3.44	3.07	4.19	1.92	1.91	2.08
RU	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AP	4.29	3.68	4.41	3.31	2.28	1.56	2.97	1.01	.82	.97

	2107102	2107201	2107202	2107203	2107204	2107205	2107206	2107207	2107301	2107302
	11	11	32	32	32	32	32	32	32	32
HAUPT- UND NEBENELEMENTE (GEW.-%)										
SIO2	65.85	66.57	75.33	73.15	73.47	65.00	75.02	67.67	66.50	74.67
AL2O3	14.60	14.39	12.87	13.18	13.50	14.89	11.95	16.56	14.36	12.97
FEO	3.07	3.07	.62	1.06	.85	3.63	.58	.49	2.80	.78
FE2O3	2.05	2.05	.41	.71	.57	2.42	.38	.33	1.86	.52
MGO	1.34	1.09	.01	.01	.01	1.19	.01	.01	1.29	.01
MNO	.05	.05	.03	.08	.05	.10	.06	.07	.14	.06
CAO	2.51	2.58	1.34	1.79	1.67	1.94	2.02	1.29	2.98	1.84
NA2O	2.69	2.98	2.94	.79	2.43	3.47	1.76	.26	2.60	2.28
K2O	5.47	4.99	5.74	7.84	6.32	4.37	6.73	12.57	4.57	5.56
TIO2	1.09	1.04	.15	.10	.16	1.09	.06	.04	.99	.11
P2O5	.40	.39	.10	.01	.01	.45	.01	.18	.45	.01
GV	.60	.78	.50	.58	.61	.75	.44	.52	.59	.70
SUMME	99.72	99.98	100.04	99.30	99.65	99.30	99.02	99.99	99.13	99.51
SPURENELEMENTE (PPM)										
V	131	125	9	14	21	112	12	1	109	75
CR	88	53	26	1	4	73	1	1	17	61
CO	8	11	3	6	4	8	2	2	12	6
NI	61	36	50	6	24	48	24	1	9	40
CU	40	33	32	13	18	28	8	5	28	28
ZN	167	139	110	93	86	168	83	15	126	171
GA	30	27	19	21	22	25	23	20	24	32
RB	173	103	260	332	243	184	342	472	159	177
SR	704	507	104	211	294	618	200	355	611	569
Y	53	67	23	5	14	55	15	8	194	227
ZR	634	664	149	110	192	629	72	44	673	548
NB	25	25	17	21	16	24	20	28	26	27
BA	1592	1048	372	570	677	1433	648	1150	1040	1236
PB	46	36	73	112	59	44	96	247	29	47
U2O3	2	4	8	4	6	4	7	3	6	9
CIPW-NORM (GEW.-%)										
Q	22.14	23.16	33.72	34.46	31.62	22.25	35.91	15.48	26.05	36.20
C	.65	.33	0	.17	0	2.03	0	.62	.81	0
OR	32.59	29.70	34.06	46.89	37.69	26.17	40.32	74.61	27.36	33.23
AB	22.95	25.40	24.98	6.77	20.75	29.76	15.10	2.21	22.29	19.51
AN	9.92	10.33	4.99	8.92	7.33	6.77	4.90	5.25	12.00	8.83
PL	32.87	35.73	29.97	15.69	28.08	36.53	19.99	7.46	34.29	28.35
NE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
WO1	0	0	.43	0	.40	0	.81	0	0	.14
EN1	0	0	.02	0	.01	0	.03	0	0	0
FS1	0	0	.47	0	.44	0	.89	0	0	.15
DI	0	0	.91	0	.86	0	1.72	0	0	.29
WO	0	0	0	0	0	0	1.36	0	0	0
EN2	3.36	2.73	.01	.03	.01	3.00	0	.03	3.25	.02
FS2	2.35	2.43	.20	1.51	.58	3.28	0	.83	2.52	.90
HY	5.71	5.16	.21	1.54	.59	6.29	0	.85	5.78	.93
FO1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
FY1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
OL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MT	3.00	2.99	.60	1.04	.83	3.56	.56	.48	2.73	.76
HM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
IL	2.09	1.99	.29	.19	.31	2.10	.12	.08	1.90	.21
RU	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AP	.96	.93	.24	.02	.02	1.08	.02	.43	1.08	.02

	2107303	2107304	2107305	2107306	2107308	2107800	2108000	2108100	2108201	2108202
	32	32	32	32	32	12	12	12	12	41
HAUPT- UND NEBENELEMENTE (GEW.-%)										
SIO2	67.76	70.17	71.48	66.02	74.34	61.89	67.47	66.97	72.12	57.23
AL2O3	14.43	13.69	13.63	15.40	13.03	14.86	15.14	15.28	13.81	13.17
FEO	2.50	2.23	1.42	3.02	.77	5.76	3.51	3.68	2.31	9.08
FE2O3	1.67	1.49	.95	2.01	.51	1.02	.62	.65	.41	1.60
MGO	.73	.60	.01	.99	.01	2.26	1.35	1.45	.78	4.29
MNO	.09	.10	.07	.20	.05	.09	.07	.07	.06	.23
CAO	1.80	1.59	1.61	1.54	1.69	2.40	1.96	2.40	1.46	7.08
NA2O	3.39	2.48	3.45	3.97	2.85	1.29	1.03	2.13	1.49	.40
K2O	5.32	5.16	5.46	3.68	5.63	5.03	5.29	4.89	5.83	.30
TIO2	.51	.44	.25	.99	.12	1.74	.91	.74	.47	2.35
P2O5	.15	.13	.02	.33	.01	1.08	.40	.31	.17	.18
GV	.75	.73	.73	.64	.69	2.13	1.34	.77	.79	2.12
SUMME	99.10	98.81	99.08	98.79	99.70	99.55	99.08	99.34	99.70	98.03
SPURENELEMENTE (PPM)										
V	76	63	31	81	5	9	90	137	50	328
CR	21	2	29	55	1	37	27	22	27	61
CO	19	15	7	8	1	28	6	12	4	171
NI	3	6	18	35	10	22	19	19	36	45
CU	13	10	15	21	14	26	22	22	25	92
ZN	104	113	147	121	141	130	156	127	143	100
GA	30	29	27	28	22	27	27	22	24	14
RB	210	216	236	193	225	222	214	200	219	5
SR	248	201	186	610	204	507	464	509	335	283
Y	201	159	125	94	54	54	57	24	34	15
ZR	609	599	425	557	146	550	615	395	438	65
NB	27	26	25	24	18	26	25	21	18	19
BA	153	1	230	1350	438	751	1320	1446	1039	268
PB	35	36	44	45	53	41	45	37	56	9
U2O3	23	24	21	5	6	7	4	3	3	1
CIPW-NORM (GEW.-%)										
Q	22.27	31.49	27.27	24.03	32.94	27.05	34.81	27.41	36.17	28.32
C	.18	1.47	0	2.92	0	5.65	5.24	2.90	2.83	0
OR	31.93	31.05	32.78	22.11	33.58	30.46	31.89	29.22	34.81	1.84
AB	29.14	21.37	29.66	34.15	24.34	11.19	8.91	18.27	12.74	3.52
AN	8.07	7.17	5.67	5.57	6.19	4.07	7.27	10.02	6.20	34.58
PL	37.21	28.54	35.33	39.72	30.54	16.16	16.18	28.28	18.93	38.10
NE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
WO1	0	0	.97	0	.90	0	0	0	0	.30
EN1	0	0	.02	0	.03	0	0	0	0	.14
FS1	0	0	1.08	0	.99	0	0	0	0	.16
DI	0	0	2.06	0	1.92	0	0	0	0	.60
WO	0	0	0	0	.02	0	0	0	0	0
EN2	1.85	1.52	.01	2.51	0	5.77	3.44	3.66	1.96	10.97
FS2	2.75	2.36	.62	3.04	0	7.38	4.79	5.33	3.38	12.66
HY	4.59	4.08	.63	5.55	0	13.14	8.23	8.99	5.35	23.63
FO1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
FY1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MT	2.46	2.20	1.40	2.96	.75	1.52	.92	.96	.60	2.41
HM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
IL	.98	.85	.48	1.91	.23	3.39	1.77	1.42	.90	4.64
RU	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AP	.36	.31	.05	.79	.02	2.67	.97	.74	.41	.44

	2108301	2108302	2108303	2108400	2108501	2108600	2108700	2108901	2108902	2108903
	12	22	12	12	65	12	11	33	31	11
HAUPT- UND NEBENELEMENTE (GEW.-%)										
SIO2	66.69	60.07	64.69	65.69	45.98	65.29	62.87	51.12	72.58	66.91
AL2O3	14.23	15.09	14.01	15.23	16.32	15.18	15.69	13.20	14.16	14.32
FEO	4.17	3.97	5.52	4.13	8.45	4.20	3.53	6.25	1.18	3.05
FE2O3	.74	2.64	.97	.73	1.49	.74	2.35	4.17	.79	2.03
MGO	1.49	4.02	2.09	1.50	5.83	1.49	2.09	5.31	.50	1.59
MNO	.09	.11	.11	.07	.16	.07	.07	.15	.03	.09
CAO	2.80	5.56	3.48	3.14	13.84	3.09	3.83	6.55	1.44	2.78
NA2O	1.39	2.43	.60	1.69	2.03	1.79	1.59	4.13	2.19	1.09
K2O	5.28	3.52	4.82	4.68	.59	5.10	4.32	3.08	6.08	5.07
TIO2	.95	1.14	1.29	.97	2.37	.97	1.19	3.08	.42	.92
P2O5	.42	.60	.67	.35	.44	.38	.50	1.59	.12	.42
GV	.46	.70	.63	.47	1.10	.47	.68	.72	.30	.58
SUMME	98.71	99.85	98.88	98.65	98.60	98.77	98.71	99.35	99.79	98.85
SPURENELEMENTE (PPM)										
V	111	153	170	128	351	143	143	363	42	128
CR	30	50	28	26	94	49	29	50	60	44
CO	9	30	18	12	101	4	18	29	5	6
NI	32	29	21	19	64	32	16	33	41	31
CU	21	26	31	22	61	23	19	37	26	26
ZN	156	119	170	136	80	134	120	158	186	181
GA	22	21	23	17	17	26	27	24	22	24
RB	207	120	227	138	11	193	158	141	168	180
SR	458	1340	487	703	341	492	560	817	643	497
Y	54	44	56	45	26	42	41	46	5	63
ZR	545	198	402	861	5	828	806	274	77	594
NB	22	20	26	21	18	24	24	26	15	24
BA	932	1931	1259	1293	823	1474	1284	1080	2037	1480
PB	41	44	43	24	8	35	25	31	59	33
U2O3	4	2	6	3	1	3	3	5	2	4
CIPW-NORM (GEW.-%)										
Q	29.19	15.52	31.10	27.89	0	25.38	26.38	0	32.81	33.32
C	2.18	0	3.13	2.56	0	2.04	2.68	0	1.65	3.04
OR	31.72	20.95	28.95	28.14	3.57	30.53	26.02	18.41	36.10	30.45
AB	11.96	20.71	5.16	14.55	17.58	15.39	13.71	35.35	18.62	9.37
AN	11.33	20.01	13.10	13.52	34.47	13.06	16.03	8.48	6.39	11.23
PL	23.29	40.72	18.26	28.08	52.06	28.45	29.74	43.83	25.01	20.60
NE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
WO1	0	1.59	0	0	13.72	0	0	5.80	0	0
EN1	0	1.08	0	0	7.53	0	0	4.17	0	0
FS1	0	.39	0	0	5.69	0	0	1.10	0	0
DI	0	3.07	0	0	26.95	0	0	11.07	0	0
WO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
EN2	3.77	9.00	5.29	3.80	.27	3.77	5.30	7.00	1.25	4.03
FS2	5.91	3.27	7.74	5.74	.20	5.85	2.89	1.85	.94	2.78
HY	9.68	12.27	13.03	9.54	.47	9.63	8.19	8.85	2.19	6.81
FO1	0	0	0	0	4.95	0	0	1.55	0	0
FY1	0	0	0	0	4.12	0	0	.45	0	0
OL	0	0	0	0	9.07	0	0	2.00	0	0
MT	1.09	3.85	1.43	1.08	2.21	1.09	3.47	6.12	1.15	2.99
HM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
IL	1.83	2.18	2.49	1.87	4.61	1.87	2.30	5.92	.80	1.78
RU	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AP	1.01	1.43	1.61	.84	1.07	.91	1.21	3.81	.29	1.01

	2109201	2109202	2109301	2109302	2109500	2109900	2110200	2110301	2110302	2110303
	11	22	11	22	22	11	22	11	22	22
HAUPT- UND NEBENELEMENTE (GEW.-%)										
SIO2	64.24	54.17	63.39	52.33	51.99	67.06	57.48	63.12	52.69	52.42
AL2O3	18.82	14.01	14.66	13.86	14.30	14.49	14.40	16.95	15.00	15.06
FEO	1.46	5.59	4.18	6.39	6.50	2.99	5.18	3.50	5.89	5.89
FE2O3	.97	3.73	2.79	4.26	4.34	1.99	3.45	2.33	3.93	3.92
MGO	.90	4.27	2.08	4.09	4.24	1.39	3.18	1.39	3.61	3.20
MNO	.04	.14	.11	.14	.14	.09	.12	.09	.14	.12
CAO	2.79	6.36	3.52	5.94	6.43	2.33	5.10	.24	3.40	3.49
NA2O	2.99	3.78	.99	3.79	3.39	1.14	2.15	.14	3.59	3.68
K2O	6.47	2.68	4.46	3.09	2.39	5.56	3.72	6.03	3.30	3.27
TIO2	.39	2.63	1.39	2.99	3.09	.89	2.23	1.10	3.03	3.05
P2O5	.20	1.69	.69	1.89	2.09	.42	1.37	.48	1.94	2.03
GV	.40	.61	.95	.32	.32	.72	.24	4.20	2.95	3.08
SUMME	99.67	99.66	99.21	99.09	99.22	99.07	98.62	99.57	99.47	99.21
SPURENELEMENTE (PPM)										
V	21	260	179	374	445	36	249	170	397	473
CR	30	47	40	59	95	12	50	37	43	58
CO	6	35	12	30	36	12	21	5	24	23
NI	14	32	28	48	73	13	27	26	38	55
CU	25	40	30	54	49	24	34	26	58	53
ZN	78	111	165	138	156	128	130	202	159	203
GA	23	23	23	22	19	19	25	28	23	23
RB	183	60	118	74	58	170	92	198	89	91
SR	543	1255	722	1177	1146	460	959	321	721	746
Y	12	50	57	48	50	39	53	21	57	59
ZR	237	267	186	192	550	549	565	966	291	489
NB	19	23	23	22	20	21	24	25	25	23
BA	1501	1879	1617	1856	890	1114	1647	1286	1601	988
PB	44	23	23	25	20	26	23	29	21	23
U2O3	2	1	2	1	2	2	2	1	1	1
CIPW-NORM (GEW.-%)										
Q	14.80	6.77	30.77	4.46	7.60	32.54	17.63	0	10.94	11.02
C	2.32	0	3.51	0	0	3.42	.86	0	4.12	4.13
OR	38.49	15.95	26.78	18.44	14.24	33.37	22.30	0	20.15	20.05
AB	25.47	32.22	8.51	32.39	28.93	9.80	18.46	0	31.39	32.32
AN	12.62	13.44	13.16	11.80	16.89	8.95	16.59	0	4.33	4.20
PL	38.09	45.66	21.68	44.19	45.82	18.75	35.04	0	35.73	36.52
NE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
WO1	0	3.01	0	2.29	.63	0	0	0	0	0
EN1	0	2.10	0	1.54	.43	0	0	0	0	0
FS1	0	.66	0	.58	.15	0	0	0	0	0
DI	0	5.78	0	4.41	1.21	0	0	0	0	0
WO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
EN2	2.26	8.61	5.26	8.74	10.22	3.52	8.03	0	9.29	8.27
FS2	1.39	2.72	3.54	3.26	3.65	2.75	3.48	0	3.19	3.10
HY	3.65	11.33	8.81	12.00	13.87	6.27	11.51	0	12.48	11.37
FO1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
FY1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
OL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MT	1.42	5.45	4.11	6.24	6.35	2.93	5.07	0	5.89	5.90
HM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
IL	.75	5.03	2.68	5.74	5.92	1.72	4.30	0	5.95	6.01
RU	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AP	.48	4.03	1.66	4.52	4.99	1.01	3.29	0	4.75	4.99

	2110400	2110501	2110502	2110503	2110504	2110600	2110701	2110702	2110900	2111001
	12	61	12	12	52	12	12	61	12	63
HAUPT- UND NEBENELEMENTE (GEW.-%)										
SIO2	65.27	67.32	73.57	64.41	56.57	62.30	74.17	66.38	72.02	97.21
AL2O3	14.59	15.09	13.83	16.37	17.67	14.73	13.54	14.49	14.76	0
FEO	4.36	3.45	.86	4.56	4.93	5.95	1.35	5.05	1.31	0
FE2O3	.77	.61	.15	.81	.87	1.05	.24	.89	.23	0
MGO	1.59	1.44	.60	1.63	4.27	2.44	.35	2.45	.45	.01
MNO	.09	.08	.02	.08	.11	.12	.03	.12	.03	.01
CAO	3.46	3.08	2.13	1.36	7.31	4.43	1.29	1.55	1.34	.01
NA2O	1.44	4.37	4.38	.49	4.57	1.29	3.09	2.23	3.48	0
K2O	4.86	2.23	2.98	5.22	1.91	3.68	4.93	3.92	4.92	0
TIO2	.97	.56	.10	1.03	.50	1.27	.18	.81	.21	0
P2O5	.47	.14	.01	.43	.19	.60	.06	.16	.05	.01
GV	.71	.70	.50	2.69	.74	.48	.44	.77	.60	2.78
SUMME	98.58	99.07	99.13	99.08	99.64	98.34	99.67	98.82	99.40	100.03
SPURENELEMENTE (PPM)										
V	122	84	32	128	13	123	36	124	32	1
CR	30	25	29	44	118	43	31	11	15	1
CO	6	12	5	12	42	18	6	24	5	17
NI	22	20	29	31	64	27	25	50	22	1
CU	22	24	22	37	18	30	16	53	15	7
ZN	178	190	141	154	98	130	129	166	186	1
GA	23	23	19	23	19	25	21	20	21	5
RB	182	84	79	178	84	114	236	158	221	1
SR	568	359	384	398	461	753	157	399	364	134
Y	66	26	8	60	20	62	18	42	1	1
ZR	569	173	83	638	35	627	140	155	152	1
NB	24	12	4	25	12	24	15	21	14	20
BA	1339	796	1140	1313	1005	1667	804	919	837	884
PB	36	20	18	30	14	21	59	32	67	3
U2O3	6	2	1	2	1	2	5	2	6	1
CIPW-NORM (GEW.-%)										
Q	27.61	23.00	31.32	35.84	.38	25.96	33.51	28.93	28.98	0
C	1.83	.23	0	8.78	0	2.05	.93	4.22	1.41	0
OR	29.31	13.38	17.85	31.97	11.40	22.19	29.35	23.59	29.42	0
AB	12.44	37.56	37.57	4.30	39.05	11.14	26.34	19.22	29.79	0
AN	14.38	14.59	9.40	4.08	22.28	18.42	6.05	6.77	6.40	0
PL	26.82	52.15	46.97	8.38	61.33	29.56	32.39	25.99	36.19	0
NE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
WO1	0	0	.52	0	5.47	0	0	0	0	0
EN1	0	0	.26	0	3.02	0	0	0	0	0
FS1	0	0	.24	0	2.25	0	0	0	0	0
DI	0	0	1.03	0	10.73	0	0	0	0	0
WO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
EN2	4.04	3.64	1.25	4.21	7.72	6.20	.88	6.21	1.13	0
FS2	6.23	5.29	1.14	6.53	5.75	8.58	2.11	7.79	2.00	0
HY	10.27	8.93	2.39	10.74	13.47	14.78	2.99	14.00	3.14	0
FO1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
FY1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
OL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MT	1.14	.90	.22	1.22	1.27	1.55	.35	1.31	.34	0
HM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
IL	1.88	1.08	.19	2.03	.96	2.46	.34	1.57	.40	0
RU	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AP	1.14	.34	.02	1.06	.45	1.45	.14	.39	.12	0

	2111002	2111003	2111201	2111202	2111300	2111400	2111500	2111600	2111700	2111900
	12	32	12	12	11	11	12	12	12	12
HAUPT- UND NEBENELEMENTE (GEW.-%)										
SIO2	75.34	72.88	76.53	71.09	65.51	70.78	74.34	69.54	62.61	68.48
AL2O3	13.34	15.87	11.81	14.35	15.39	14.47	13.44	14.19	14.12	14.30
FEO	1.07	.17	1.38	2.15	3.74	1.68	1.23	2.82	5.71	3.59
FE2O3	.19	.11	.24	.38	2.49	1.12	.22	.50	1.01	.63
MGO	.23	.01	.01	.32	1.14	.52	.01	.96	2.00	.99
MNO	.05	.01	.03	.06	.23	.06	.03	.05	.10	.11
CAO	1.31	.89	1.85	1.32	1.49	1.55	1.47	1.99	3.58	1.68
NA2O	1.52	4.11	2.18	2.00	3.87	2.18	2.45	2.44	1.80	1.69
K2O	5.97	6.15	4.47	5.66	3.47	6.02	5.46	5.38	4.33	5.74
TIO2	.11	.01	.09	.43	1.14	.53	.16	.58	1.58	.73
P2O5	.01	.05	.01	.08	.39	.09	.03	.21	.76	.31
GV	.66	.85	.49	1.35	.74	.39	.61	.45	.63	.68
SUMME	99.80	101.11	99.09	99.19	99.59	99.39	99.45	99.12	98.23	98.93
SPURENELEMENTE (PPM)										
V	18	1	21	51	99	59	20	79	185	101
CR	1	43	4	20	39	1	1	41	78	35
CO	5	5	5	7	10	8	3	12	16	6
NI	11	37	34	18	29	18	19	29	43	28
CU	6	1	25	14	21	18	15	18	29	30
ZN	88	156	136	140	156	121	147	134	146	212
GA	22	46	22	22	30	24	23	23	31	27
RB	447	728	143	252	232	265	263	243	149	233
SR	79	24	275	251	318	263	196	288	694	285
Y	27	1	13	30	44	34	13	50	69	128
ZR	187	1	322	451	1032	459	212	540	638	899
NB	24	35	6	18	26	22	12	22	26	26
BA	1	660	386	312	513	598	496	872	1340	1164
PB	224	1973	32	52	42	55	92	44	32	51
U2O3	11	13	9	5	5	5	9	2	3	4
CIPW-NORM (GEW.-%)										
Q	40.03	23.48	42.32	34.00	24.42	30.82	35.64	28.17	24.23	30.58
C	2.04	.95	.05	2.78	3.51	1.78	.91	1.25	1.82	3.04
OR	35.57	36.24	26.78	34.16	20.69	35.91	32.63	32.20	26.18	34.48
AB	12.97	34.68	18.70	17.29	33.04	18.62	20.97	20.91	15.58	14.54
AN	6.49	4.08	9.24	6.15	4.89	7.17	7.18	8.61	13.09	6.41
PL	19.45	38.76	27.94	23.44	37.93	25.79	28.15	29.52	28.67	20.95
NE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
WO1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
EN1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
FS1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
DI	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
WO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
EN2	.58	.02	.03	.81	2.86	1.31	.03	2.42	5.10	2.51
FS2	1.83	.24	2.33	3.21	3.82	1.52	1.95	4.08	7.59	5.36
HY	2.40	.27	2.36	4.03	6.68	2.83	1.97	6.50	12.68	7.87
FO1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
FY1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
OL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MT	.28	.16	.35	.56	3.64	1.44	.32	.73	1.50	.93
HM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
IL	.21	.02	.17	.83	2.18	1.02	.31	1.12	3.07	1.41
RU	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AP	.02	.12	.02	.19	.93	.22	.07	.50	1.84	.75

	2112001	2112002	2112100	2112201	2112202	2112400	2112500	2112600	2112700	3100101
	12	31	12	52	31	52	61	61	61	61
HAUPT- UND NEBENELEMENTE (GEW.-%)										
SIO2	63.22	74.93	71.99	70.94	73.63	68.61	73.16	73.75	69.11	71.57
AL2O3	15.32	13.09	14.04	14.25	14.24	15.53	13.88	14.05	13.92	15.31
FEO	4.77	.67	2.09	1.83	.59	2.32	1.63	1.74	3.24	1.71
FE2O3	.84	.44	.37	.32	.40	.41	.29	.31	.57	.30
MGO	2.25	.01	.55	.80	.40	1.15	.11	.48	.75	.38
MNO	.08	.03	.06	.03	.02	.04	.13	.10	.09	.04
CAO	3.44	1.77	1.44	3.57	1.29	3.32	1.66	1.19	2.19	3.73
NA2O	2.70	3.24	2.29	4.98	2.99	3.39	2.25	3.36	2.44	3.38
K2O	4.22	4.98	5.92	1.57	5.66	3.71	4.08	3.40	5.57	1.97
TIO2	1.28	.14	.36	.31	.05	.47	.33	.37	.71	.25
P2O5	.62	.01	.18	.11	.01	.15	.01	.04	.19	.10
GV	.60	.46	.43	.37	.43	.42	1.49	.65	.56	.60
SUMME	99.34	99.77	99.72	99.08	99.71	99.52	99.02	99.44	99.34	99.34
SPURENELEMENTE (PPM)										
V	126	14	55	44	17	65	24	40	86	32
CR	63	8	31	23	22	22	1	25	42	30
CO	8	2	5	6	6	12	5	6	7	1
NI	37	41	28	18	18	20	10	45	32	7
CU	29	28	28	15	11	13	20	19	30	10
ZN	154	113	195	140	134	121	144	131	157	82
GA	27	23	21	22	22	23	17	19	26	19
RB	172	173	265	98	177	207	137	94	202	70
SR	1098	475	228	277	237	235	176	178	341	431
Y	55	16	54	11	2	15	34	42	61	32
ZR	455	190	330	132	35	98	200	302	694	428
NB	24	9	22	8	11	15	6	2	25	5
BA	2468	979	909	746	1033	771	355	326	973	559
PB	65	52	73	14	37	39	21	15	38	13
U2O3	5	2	4	1	4	3	1	1	1	2
CIPW-NORM (GEW.-%)										
Q	19.77	33.61	31.38	27.65	31.12	25.00	40.49	37.22	26.51	35.33
C	1.56	0	1.69	0	.88	.26	2.83	2.81	.35	1.09
OR	25.23	29.62	35.21	9.40	33.68	22.11	24.69	20.32	33.29	11.78
AB	23.11	27.60	19.50	42.67	25.48	28.93	19.49	28.75	20.88	28.95
AN	13.17	6.51	6.01	12.04	6.38	15.62	8.37	5.71	9.73	18.07
PL	36.28	34.11	25.51	54.72	31.86	44.55	27.86	34.45	30.61	47.02
NE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
WO1	0	.69	0	2.16	0	0	0	0	0	0
EN1	0	.03	0	.92	0	0	0	0	0	0
FS1	0	.75	0	1.24	0	0	0	0	0	0
DI	0	1.47	0	4.32	0	0	0	0	0	0
WO	0	.25	0	0	0	0	0	0	0	0
EN2	5.67	0	1.38	1.10	1.00	2.89	.28	1.21	1.89	.96
FS2	6.32	0	3.18	1.49	.75	3.32	2.76	2.73	4.69	2.66
HY	11.99	0	4.56	2.59	1.75	6.21	3.04	3.94	6.58	3.62
FO1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
FY1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
OL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MT	1.23	.64	.54	.47	.58	.60	.43	.45	.84	.44
HM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
IL	2.46	.27	.69	.60	.10	.90	.64	.71	1.36	.48
KU	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AP	1.49	.02	.43	.26	.02	.36	.02	.10	.46	.24

	3100102	3100201	3100202	3100203	3100300	3100501	3100502	3100600	3100701	3100702
	62	13	22	22	22	62	33	65	22	61
HAUPT- UND NEBENELEMENTE (GEW.-%)										
SIO2	54.14	58.48	46.97	49.50	46.80	56.79	49.69	43.46	53.12	72.59
AL2O3	15.99	19.38	14.54	15.54	15.18	13.55	12.62	18.03	15.04	12.47
FEO	7.60	2.84	6.32	5.55	7.06	8.97	5.31	10.47	3.99	2.75
FE2O3	1.34	1.89	4.21	3.70	4.70	1.58	3.54	1.85	2.45	.49
MGO	4.62	1.58	6.60	5.89	5.84	3.34	6.86	6.29	3.66	.95
MNO	.15	.07	.16	.13	.16	.21	.09	.21	.10	.06
CAO	7.33	4.15	8.35	7.90	7.07	5.98	15.42	11.04	4.20	4.24
NA2O	3.37	2.92	3.93	3.44	3.98	3.50	3.08	3.60	6.62	3.09
K2O	1.84	5.35	1.69	2.29	3.46	1.90	.83	.31	5.00	.00
TIO2	1.49	1.02	3.21	2.45	2.22	1.95	.31	1.96	1.86	.38
P2O5	.43	.36	1.88	1.50	1.30	.13	.22	.52	.97	.12
-V	.23	.54	.13	.49	.42	.37	.61	.10	.70	.22
SUMME	98.13	98.58	98.24	98.39	98.17	98.27	98.58	98.74	98.80	98.26
SPURENELEMENTE (PPM)										
V	265	120	357	344	345	145	128	462	158	53
CR	99	52	63	75	61	53	63	31	40	25
CO	50	5	42	35	28	12	100	140	12	22
NI	58	25	43	47	23	50	29	17	20	11
CU	39	28	47	42	24	48	17	24	23	15
ZN	127	68	118	108	130	134	82	104	82	91
GA	27	29	22	22	24	33	14	20	25	22
RB	54	80	25	39	39	95	9	3	72	28
SR	391	1205	1213	1711	1802	990	442	450	1211	440
Y	40	57	56	51	54	92	8	44	116	17
ZR	163	686	447	324	560	545	2	2	581	500
NB	18	23	24	23	24	24	14	17	23	8
BA	108	3413	1478	2443	2912	2019	630	570	2429	673
PB	17	22	14	27	34	40	7	9	12	10
U2O3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
CIPW-NORM (GEW.-%)										
Q	4.07	9.48	0	0	0	8.95	0	0	0	40.44
C	0	2.14	0	0	0	0	0	0	0	0
OR	11.09	32.22	11.35	13.72	20.87	11.44	5.00	1.85	34.55	5.42
AB	29.08	25.18	33.69	29.57	32.44	30.18	16.99	12.31	16.34	26.45
AN	23.52	14.58	16.86	20.59	13.58	15.95	18.51	32.43	0	17.93
PL	52.60	43.76	50.55	50.25	36.00	46.13	35.51	44.72	16.34	44.42
NE	0	0	.06	0	6.46	0	5.19	10.02	15.04	0
AC	0	0	0	0	0	0	0	0	7.50	0
NS	0	0	0	0	0	0	0	0	.65	0
WO1	4.46	0	5.33	3.91	5.67	5.60	24.23	10.01	6.00	1.17
EN1	2.15	0	3.98	2.85	3.73	2.24	16.15	4.97	3.74	.43
FS1	2.24	0	.83	.49	1.54	3.42	6.29	4.84	1.80	.77
DI	8.86	0	10.13	7.46	10.93	11.26	46.67	19.83	11.64	2.37
WO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
EN2	8.56	4.01	0	11.00	0	6.24	0	0	0	1.08
FS2	3.32	2.27	0	2.67	0	9.55	0	0	0	3.65
HY	17.48	6.28	0	13.57	0	15.79	0	0	0	5.54
FO1	0	0	8.92	.77	7.79	0	.89	7.62	3.71	0
FY1	0	0	2.05	.21	3.55	0	.38	8.17	2.07	0
OL	0	0	10.97	.37	11.34	0	1.27	15.79	5.77	0
MT	1.93	2.79	6.21	5.47	6.95	2.33	5.23	2.71	2.64	.72
HM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
IL	2.89	1.97	6.20	4.76	4.30	3.77	.60	3.76	3.50	.74
RU	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AP	1.04	.37	4.53	3.52	3.14	.81	.53	1.25	2.28	.29

	3100800	3100900	3101001	3101002	3101201	3101202	3101203	3101206	3101400	3101501
	22	21	22	21	61	61	65	61	22	22
HAUPT- UND NEBENELEMENTE (GEW.-%)										
SIO2	60.14	50.88	53.43	48.61	76.66	69.92	49.60	77.40	56.30	53.38
AL2O3	16.73	15.26	16.59	16.75	12.52	14.51	14.30	12.43	19.33	16.78
FEO	3.64	5.22	3.93	6.43	1.01	2.36	11.94	.71	3.25	4.45
FE2O3	2.43	3.48	2.62	4.29	.18	.42	2.11	.13	2.17	2.97
MGO	2.96	8.63	3.45	4.09	.11	.93	6.67	.01	1.95	3.50
MNO	.10	.13	.09	.50	.04	.07	.20	.04	.09	.11
CAO	6.72	10.76	4.34	5.57	1.38	2.74	7.52	.97	4.14	5.24
NA2O	3.74	1.80	5.30	3.98	3.03	4.60	3.82	3.17	4.39	4.42
K2O	1.34	1.06	5.21	3.98	4.52	2.78	2.40	5.14	5.45	4.16
TIO2	.77	1.30	2.00	2.23	.13	.45	2.65	.02	1.69	2.62
P2O5	.22	.65	1.02	1.18	.08	.15	1.43	.02	.52	1.33
GV	.43	.24	.25	.59	.35	.38	1.32	.30	.36	.47
SUMME	99.22	99.41	98.23	98.20	100.01	99.31	103.96	100.34	99.64	99.43
SPURENELEMENTE (PPM)										
V	155	170	187	342	11	55	313	4	132	252
CR	35	150	39	41	27	23	156	57	52	38
CO	51	58	6	18	6	11	34	6	4	5
NI	19	72	22	25	19	16	84	40	27	21
CU	18	31	43	39	12	18	35	19	38	30
ZN	100	76	108	118	116	125	120	116	118	128
GA	20	17	25	32	20	20	25	23	30	28
RB	31	19	69	57	142	107	61	160	70	52
SR	464	1614	1382	1362	142	256	1146	45	1440	1368
Y	33	30	72	93	11	65	35	21	72	75
ZR	161	324	371	668	104	236	307	108	543	516
NB	10	18	24	26	9	10	23	10	25	25
BA	761	1358	3703	2886	705	828	1689	455	4297	3309
PB	9	19	26	20	21	18	21	31	27	11
U2O3	1	1	1	1	2	8	1	1	1	1
CIPW-NORM (GEW.-%)										
Q	15.02	4.04	0	0	38.21	24.75	0	36.66	0	0
C	0	0	0	0	.33	0	0	0	0	0
OR	8.01	6.31	31.38	23.95	26.79	16.59	13.78	30.35	32.40	24.80
AB	32.00	15.33	32.68	28.79	25.71	39.31	28.86	26.80	37.37	37.72
AN	25.18	30.63	6.21	16.38	6.34	10.84	14.36	4.50	17.04	13.78
PL	57.18	45.96	38.89	45.18	32.06	50.15	43.23	31.31	54.42	51.50
NE	0	0	7.05	2.98	0	0	1.38	0	0	0
AC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
WO1	2.95	7.86	3.73	1.63	0	.79	5.35	.07	.08	1.54
EN1	1.84	5.76	2.72	.95	0	.32	2.63	0	.06	1.15
FS1	.94	1.35	.66	.60	0	.48	2.62	.08	.02	.24
DI	5.73	14.98	7.12	3.19	0	1.59	10.59	.15	.16	2.92
WO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
EN2	5.62	15.87	0	0	.27	2.02	0	.02	1.80	4.81
FS2	2.88	3.73	0	0	1.64	3.06	0	1.23	.44	.99
HY	8.50	19.60	0	0	1.92	5.08	0	1.25	2.44	5.80
FO1	0	0	4.23	6.60	0	0	9.47	0	2.12	1.99
FY1	0	0	1.13	4.60	0	0	10.40	0	.83	.45
OL	0	0	5.36	11.20	0	0	19.87	0	2.95	2.44
MT	3.56	5.08	3.87	6.34	.26	.62	2.97	.19	3.17	4.34
HM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
IL	1.48	2.49	3.87	4.31	.25	.96	4.89	.04	3.23	5.02
RU	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AP	.53	1.55	2.46	2.85	.19	.36	3.29	.05	1.24	3.18

	3101600	3101800	3101900	3102000	3102100	3102200	3102302	3102400	3102500	3102600
	21	22	22	13	13	13	33	13	13	13
HAUPT- UND NEBENELEMENTE (GEW.-%)										
SIO2	48.70	56.44	54.70	58.57	59.25	59.83	53.50	54.84	60.32	59.80
AL2O3	15.60	19.25	19.59	22.62	20.21	19.88	17.85	17.16	19.14	18.92
FEO	5.68	3.35	1.79	2.36	2.87	2.80	4.08	3.57	2.89	3.46
FE2O3	3.79	2.23	1.19	1.57	1.91	1.87	2.72	2.38	1.93	2.31
MGO	5.77	2.18	2.09	.95	1.38	1.29	3.53	3.04	1.40	1.64
MNO	.18	.09	.13	.06	.08	.08	.09	.09	.10	.13
CAO	7.57	3.81	3.46	2.20	4.09	3.86	5.03	3.68	3.63	3.23
NA2O	3.60	4.27	6.19	1.89	1.98	1.96	4.82	5.60	2.28	1.94
K2O	2.35	5.34	7.36	6.53	5.29	5.66	4.23	5.32	5.62	5.51
TIO2	2.58	1.54	1.60	.93	1.03	1.03	1.84	1.70	1.01	1.19
P2O5	1.46	.54	.64	.32	.37	.40	.98	.89	.39	.35
GV	.45	.77	.54	2.24	.20	.18	.55	.82	.30	.66
SUMME	97.73	99.81	99.28	100.24	98.66	98.83	99.22	99.09	99.01	99.14
SPURENELEMENTE (PPM)										
V	314	118	103	82	87	71	185	149	90	112
CR	72	61	30	67	28	33	34	58	18	23
CO	29	5	6	5	3	5	6	5	4	6
NI	31	38	11	40	14	14	17	33	1	2
CU	33	49	24	38	30	26	33	47	19	23
ZN	112	102	98	95	140	101	106	125	118	114
GA	25	31	25	32	27	27	30	26	27	30
RB	36	76	75	94	75	77	81	85	75	82
SR	1769	1339	1304	1262	1248	1248	1399	1222	1024	924
Y	51	51	68	57	63	60	68	77	77	82
ZR	466	438	642	423	945	564	435	828	694	881
NB	25	25	25	25	25	25	25	27	22	26
BA	2917	3797	3609	4073	3538	3415	3373	3768	2942	2708
PB	26	31	19	35	22	24	28	23	21	19
U2O3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
CIPW-NORM (GEW.-%)										
Q	0	.32	0	16.90	16.91	16.93	0	0	15.87	17.95
C	0	.82	0	9.39	4.75	4.53	0	0	3.68	4.80
OR	14.24	31.82	43.97	39.34	31.72	33.87	25.30	31.95	33.60	33.01
AB	31.23	36.44	18.34	16.31	17.00	16.79	37.92	35.92	19.52	16.64
AN	19.96	15.50	3.97	9.00	18.13	16.74	14.75	6.07	15.64	13.93
PL	51.19	51.94	22.31	25.30	35.13	33.54	52.68	41.99	35.16	30.57
NE	0	0	18.76	0	0	0	1.82	5.63	0	0
AC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
WO1	3.66	0	3.82	0	0	0	1.68	2.74	0	0
EN1	2.64	0	3.23	0	0	0	1.19	1.96	0	0
FS1	.68	0	.09	0	0	0	.34	.55	0	0
DI	6.99	0	7.15	0	0	0	3.21	5.25	0	0
WO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
EN2	7.00	5.48	0	2.41	3.49	3.23	0	0	3.53	4.14
FS2	1.81	2.12	0	1.76	2.32	2.22	0	0	2.45	3.00
HY	8.81	7.59	0	4.17	5.81	5.45	0	0	5.97	7.15
FO1	3.57	0	1.42	0	0	0	5.40	4.02	0	0
FY1	1.01	0	.04	0	0	0	1.72	1.24	0	0
OL	4.58	0	1.47	0	0	0	7.12	5.26	0	0
MT	5.63	3.26	1.74	2.32	2.81	2.75	3.99	3.51	2.83	3.40
HM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
IL	5.02	2.95	3.07	1.80	1.98	1.98	3.54	3.28	1.94	2.29
RU	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AP	3.55	1.29	1.53	.77	.89	.96	2.35	2.14	.93	.84

	3102700	3102800	3102901	3102902	3103000	3103100	3103200	3103301	3103302	3103400
	13	13	11	11	22	13	21	21	21	21
HAUPT- UND NEBENELEMENTE (GEW.-%)										
SIO2	58.59	59.41	62.39	62.54	52.49	59.07	43.07	50.56	49.75	47.47
AL2O3	18.98	17.46	17.89	17.51	19.61	19.03	15.12	7.58	7.19	18.00
FEO	3.66	3.81	2.52	3.31	3.30	2.80	6.71	6.65	6.97	5.54
FE2O3	2.44	2.54	1.68	2.21	2.20	1.86	4.48	4.44	4.64	3.69
MGO	1.99	2.06	1.31	1.61	3.28	1.30	8.31	18.39	19.38	5.76
MNO	.13	.13	.09	.06	.06	.07	.26	.21	.21	.16
CAO	3.87	3.99	3.10	5.13	3.53	3.19	11.44	5.41	5.36	6.59
NA2O	1.49	2.09	1.72	3.50	4.69	3.49	3.28	2.60	2.20	4.54
K2O	5.44	5.19	4.78	1.18	4.70	6.38	1.99	.71	.80	4.20
TIO2	1.15	1.25	1.22	.82	1.91	1.30	2.49	1.24	1.23	2.29
P2O5	.46	.60	.64	.15	1.13	.40	1.19	.50	.54	1.32
GV	.60	.24	1.42	1.35	1.86	.38	.53	.16	.10	.28
SUMME	98.80	98.77	98.76	99.37	98.76	99.27	98.87	98.45	98.37	99.34
SPURENELEMENTE (PPM)										
V	130	149	116	132	179	99	401	224	239	252
CR	57	38	54	37	41	43	95	459	423	53
CO	6	6	6	29	5	5	590	147	136	18
NI	34	19	38	23	25	19	55	151	142	35
CU	35	20	54	24	44	35	52	38	40	51
ZN	93	128	96	126	148	92	93	126	137	103
GA	30	30	23	23	28	27	19	22	23	23
RB	80	80	89	45	74	69	34	19	21	40
SR	965	1053	798	363	1439	1076	1370	857	792	1466
Y	98	84	74	36	95	41	39	21	21	60
ZR	621	483	506	161	704	930	241	286	298	123
NB	24	22	20	13	26	25	19	30	31	21
BA	2660	2680	2380	862	4048	3258	1778	434	594	2878
PB	22	23	23	10	26	19	20	14	13	26
U2O3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
CIPW-NORM (GEW.-%)										
Q	17.94	16.16	27.28	23.73	0	5.99	0	0	0	0
C	4.78	2.62	5.93	1.54	3.19	1.56	0	0	0	0
OR	32.68	31.08	28.98	7.11	28.63	38.09	11.92	4.26	4.80	25.00
AB	12.82	17.92	14.93	30.19	40.90	29.84	7.87	22.33	18.90	18.06
AN	16.46	16.08	11.49	24.95	10.44	13.35	20.93	7.02	7.49	14.45
PL	29.28	34.00	26.42	55.14	51.34	43.18	28.80	29.35	26.39	34.51
NE	0	0	0	0	0	0	10.98	0	0	11.18
AC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
WO1	0	0	0	0	0	0	11.99	7.06	6.65	3.25
EN1	0	0	0	0	0	0	8.62	5.44	5.12	2.29
FS1	0	0	0	0	0	0	2.28	.86	.82	.69
DI	0	0	0	0	0	0	22.89	13.37	12.59	6.23
WO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
EN2	5.04	5.20	3.35	4.09	.32	3.27	0	27.15	28.50	0
FS2	3.34	3.36	1.60	3.18	.05	1.74	0	4.31	4.56	0
HY	8.38	8.56	4.95	7.27	.37	5.01	0	31.47	33.06	0
FO1	0	0	0	0	5.67	0	8.66	9.73	10.77	7.64
FY1	0	0	0	0	1.00	0	2.52	1.70	1.90	2.53
OL	0	0	0	0	6.68	0	11.18	11.44	12.67	10.17
MT	3.60	3.73	2.50	3.27	3.29	2.72	6.58	6.53	6.83	5.39
HM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
IL	2.22	2.41	2.38	1.59	3.74	2.49	4.79	2.39	2.37	4.38
RU	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AP	1.11	1.44	1.56	.36	2.76	.96	2.86	1.20	1.30	3.15

	3103501	3103502	3103601	3103602	3103603	3103700	3103800	3103900	3104001	3104002
	22	21	33	22	22	33	53	53	53	41
HAUPT- UND NEBENELEMENTE (GEW.-%)										
SIO2	55.85	48.97	48.63	49.84	48.11	48.94	64.89	67.59	70.86	42.78
AL2O3	17.86	15.63	15.85	15.53	15.64	15.72	14.53	14.97	15.13	17.65
FEO	3.41	5.85	7.01	5.28	5.21	5.90	5.25	5.39	2.20	12.84
FE2O3	2.27	3.90	4.67	3.52	3.47	3.93	.93	.95	.39	2.27
MGO	3.11	5.77	4.98	7.23	7.92	5.73	2.14	2.48	.56	5.13
MNO	.11	.20	.18	.15	.15	.16	.16	.11	.09	.25
CAO	5.10	7.37	7.28	9.75	9.57	8.19	2.64	1.54	.94	8.71
NA2O	4.46	4.38	2.69	3.37	4.28	2.83	4.38	1.59	2.39	.60
K2O	4.25	2.59	3.09	1.21	1.49	2.17	2.49	2.68	5.99	.75
TIO2	1.42	2.47	2.89	1.62	1.55	3.08	.85	.89	.54	1.44
P2O5	.64	1.44	1.40	.78	.90	1.78	.30	.07	.11	.16
GV	.79	.46	.34	.56	.38	.37	.48	.88	.41	5.47
SUMME	99.27	99.03	99.01	98.84	98.67	98.80	99.04	99.14	99.61	98.05
SPURENELEMENTE (PPM)										
V	134	319	410	207	235	410	179	183	63	1011
CR	32	58	56	83	103	74	25	89	22	81
CO	6	30	25	41	46	35	30	31	6	293
NI	20	36	27	40	50	52	16	53	19	22
CU	36	45	36	31	23	46	15	37	14	24
ZN	125	103	142	98	101	119	212	113	158	118
GA	23	25	28	19	22	27	24	19	23	27
RB	66	33	55	35	33	40	112	82	117	12
SR	1191	1970	1470	1850	1826	1434	155	217	168	136
Y	66	63	53	31	35	60	68	49	95	31
ZR	761	105	431	331	403	236	216	268	710	151
NB	24	23	26	18	16	24	15	14	14	19
BA	2526	3108	2613	2057	1815	2356	489	363	730	1
PB	20	37	25	28	28	23	16	13	16	9
U2O3	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1
CIPW-NORM (GEW.-%)										
Q	0	0	.92	0	0	2.86	18.44	38.24	30.27	1.44
C	0	0	0	0	0	0	.55	6.93	3.29	.43
OR	25.46	15.48	18.46	7.26	8.94	12.99	14.90	16.10	35.65	4.77
AB	38.27	32.80	23.01	28.96	25.71	24.27	37.54	13.68	20.37	5.47
AN	16.39	15.52	22.29	24.04	19.36	24.10	11.28	7.30	3.97	45.41
PL	54.65	48.32	45.30	53.00	45.06	48.36	48.81	20.98	24.34	50.98
NE	0	2.54	0	0	5.99	0	0	0	0	0
AC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
WO1	2.10	4.99	2.08	8.31	9.55	2.21	0	0	0	0
EN1	1.46	3.53	1.38	6.00	6.99	1.64	0	0	0	0
FS1	.46	1.03	.55	1.56	1.66	.36	0	0	0	0
DI	4.02	9.55	4.00	15.86	18.21	4.20	0	0	0	0
WO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
EN2	5.95	0	11.16	7.31	0	12.82	5.40	6.28	1.40	13.76
FS2	1.88	0	4.42	1.90	0	2.78	8.17	8.19	3.18	21.82
HY	7.84	0	15.58	9.21	0	15.61	13.56	14.46	4.59	35.58
FO1	.31	7.71	0	3.49	9.14	0	0	0	0	0
FY1	.11	2.48	0	1.00	2.40	0	0	0	0	0
OL	.41	10.19	0	4.48	11.54	0	0	0	0	0
MT	3.34	5.72	6.84	5.18	5.11	5.77	1.37	1.40	.57	3.54
HM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
IL	2.73	4.75	5.55	3.12	2.99	5.93	1.63	1.72	1.03	2.95
RU	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AP	1.54	3.45	3.35	1.88	2.16	4.27	.72	.17	.26	.41

	3104200	3104400	3104501	3104600	3104700	3104800	3104900	3105000	3105101	3105102
	41	13	11	11	22	13	31	13	11	11
HAUPT- UND NEBENELEMENTE (GEW.-%)										
SIO2	46.40	58.73	68.01	67.24	53.91	58.83	68.28	58.90	74.01	74.63
AL2O3	25.52	16.55	15.41	14.47	16.30	17.55	15.66	17.24	14.77	14.09
FEO	6.47	4.00	2.41	2.45	4.08	3.88	1.59	4.58	.68	.65
FE2O3	1.14	2.66	1.61	1.63	2.72	2.59	1.06	3.06	.45	.43
MGO	6.28	2.44	1.87	1.63	2.93	1.89	.40	2.47	.31	.29
MNO	.16	.12	.11	.11	.12	.15	.06	.17	.02	.01
CAO	8.57	4.18	2.84	3.92	4.03	3.54	1.83	4.66	.57	.34
NA2O	2.99	3.49	2.84	3.76	6.06	2.99	4.86	1.16	1.64	1.58
K2O	.50	5.13	1.95	2.06	5.02	5.28	3.27	4.43	5.92	5.45
TIO2	.39	1.53	.59	.52	1.84	1.40	.33	1.37	.20	.18
P2O5	.15	.62	.22	.20	.98	.70	.05	.66	.13	.06
GV	.22	.22	.99	.30	.63	.29	.88	.34	1.94	2.71
SUMME	98.79	99.67	98.85	98.29	98.62	99.09	98.22	99.04	100.64	100.42
SPURENELEMENTE (PPM)										
V	195	155	111	90	179	155	47	216	25	36
CR	74	43	40	1	25	40	1	38	32	34
CO	95	6	24	24	5	6	9	11	6	5
NI	37	25	25	1	13	20	1	22	20	33
CU	27	34	18	11	30	28	12	28	29	23
ZN	66	129	110	94	140	116	80	130	98	158
GA	19	27	22	17	30	28	20	24	17	20
RB	16	91	100	60	74	76	105	88	134	124
SR	256	1092	238	352	1103	1084	159	986	193	183
Y	20	77	30	32	90	90	23	93	2	5
ZR	9	416	152	307	509	567	296	591	150	164
NB	11	24	11	4	25	25	6	21	12	7
BA	728	2829	744	61	2891	2994	405	2100	1310	1058
PB	8	28	16	10	23	20	13	24	23	22
U2O3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
CIPW-NORM (GEW.-%)										
Q	0	7.09	35.34	26.85	0	11.45	23.13	21.69	40.73	44.34
C	4.90	0	4.07	0	0	2.18	1.00	3.68	5.00	5.24
OR	2.99	30.43	11.76	12.41	30.22	31.52	19.54	26.47	35.43	32.96
AB	25.62	29.65	24.53	32.43	34.44	25.56	42.22	9.92	14.06	13.68
AN	42.06	14.40	12.91	16.84	2.49	13.12	8.99	19.01	2.00	1.22
PL	67.69	44.05	37.44	49.27	36.94	38.68	51.21	28.94	16.06	15.01
NE	0	0	0	0	9.64	0	0	0	0	0
AC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
WO1	0	.98	0	.69	4.74	0	0	0	0	0
EN1	0	.61	0	.40	3.21	0	0	0	0	0
FS1	0	.31	0	.26	1.17	0	0	0	0	0
DI	0	1.91	0	1.35	9.11	0	0	0	0	0
WO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
EN2	4.41	5.49	4.75	3.74	0	4.76	1.02	6.22	.78	.74
FS2	3.07	2.77	2.58	2.49	0	3.26	1.77	4.30	.63	.59
HY	7.48	8.26	7.34	6.23	0	8.02	2.79	10.52	1.41	1.33
FO1	8.01	0	0	0	2.96	0	0	0	0	0
FY1	6.15	0	0	0	1.19	0	0	0	0	0
OL	14.15	0	0	0	4.15	0	0	0	0	0
MT	1.67	3.87	2.38	2.41	4.02	3.79	1.58	4.49	.66	.64
HM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
IL	.75	2.92	1.14	1.01	3.56	2.69	.64	2.63	.38	.35
RU	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AP	.36	1.47	.53	.48	2.36	1.67	.12	1.58	.31	.15

	3105302	3105303	3105400	3105500	3105600	3105701	3105702	3105800	3105901	3105902
	13	13	63	65	65	65	13	13	11	11
HAUPT- UND NEBENELEMENTE (GEW.-%)										
SIO2	57.70	56.57	97.90	47.73	44.36	43.54	57.54	58.77	72.23	70.06
AL2O3	16.38	17.81	1.35	14.38	20.13	20.62	21.48	17.25	14.70	16.57
FEO	4.53	4.14	.22	9.55	9.47	11.24	2.74	4.38	1.11	.83
FE2O3	3.02	2.76	.04	1.68	1.67	1.98	1.83	2.92	.74	.55
MGO	3.98	3.58	.01	7.29	6.21	4.66	1.18	2.48	.52	.71
MNO	.13	.12	.03	.19	.34	.22	.05	.20	.07	.05
CAO	7.41	7.37	.01	13.04	11.05	9.95	4.37	6.07	.79	1.21
NA2O	3.48	3.64	0	1.60	3.48	3.35	1.84	4.32	2.94	2.16
K2O	1.17	1.19	.13	.30	.22	.58	5.37	1.14	5.87	6.23
TIO2	.84	.75	.01	1.54	1.31	1.23	1.12	.89	.39	.55
P2O5	.18	.25	.01	.35	.33	.35	.34	.25	.08	.12
GV	.52	.87	.10	.82	.08	.10	.89	.55	.51	.31
SUMME	99.34	99.05	99.81	98.47	98.65	97.82	98.75	99.22	99.95	99.35
SPURENELEMENTE (PPM)										
V	86	158	0	441	323	2[illegible]9	141	199	46	42
CR	49	41	0	111	32	3	82	48	11	22
CO	64	31	0	137	151	151	5	41	4	6
NI	28	27	0	53	14	14	35	24	13	18
CU	27	32	0	40	21	26	51	15	17	13
ZN	92	90	0	107	108	102	51	111	154	93
GA	20	17	0	24	23	24	26	23	22	23
RB	31	35	0	9	6	11	78	56	85	99
SR	452	471	0	283	535	521	1265	382	161	199
Y	29	26	0	18	20	17	45	47	251	101
ZR	74	90	0	96	186	182	1	280	551	1070
NB	11	10	0	20	19	20	22	9	12	12
BA	778	730	0	1	586	651	6007	257	783	889
PB	10	11	0	10	8	9	25	11	14	12
U2O3	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1
CIPW-NORM (GEW.-%)										
Q	11.71	9.86	0	0	0	0	15.60	12.08	30.09	30.46
C	0	0	0	0	0	0	5.63	0	2.28	4.40
OR	6.94	7.15	0	1.81	1.31	3.50	32.40	6.81	34.86	37.15
AB	29.76	31.33	0	13.83	16.47	17.34	15.90	36.97	25.00	18.44
AN	25.89	29.24	0	31.85	39.07	40.33	19.87	24.58	3.41	5.27
PL	55.64	60.56	0	45.68	55.54	57.67	35.77	61.55	28.41	23.71
NE	0	0	0	0	7.20	6.28	0	0	0	0
AC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
WO1	4.21	2.63	0	13.33	5.91	3.22	0	1.76	0	0
EN1	2.64	1.64	0	7.20	2.93	1.29	0	.95	0	0
FS1	1.31	.83	0	5.68	2.86	1.97	0	.75	0	0
DI	8.15	5.10	0	26.20	11.70	6.48	0	3.46	0	0
HY	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
EN2	7.38	7.43	0	10.67	0	0	3.00	5.30	1.30	1.78
FS2	3.66	3.78	0	8.41	0	0	1.90	4.21	1.05	.35
HY	11.04	11.21	0	19.09	0	0	4.90	9.50	2.35	2.14
FO1	0	0	0	.48	8.90	7.40	0	0	0	0
FY1	0	0	0	.41	9.59	12.50	0	0	0	0
OL	0	0	0	.89	18.49	19.90	0	0	0	0
MT	4.42	4.07	0	2.49	2.45	2.93	2.71	4.28	1.08	.80
HM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
IL	1.61	1.45	0	2.99	2.51	2.38	2.17	1.71	.74	1.05
RU	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AP	.43	.60	0	.85	.79	.85	.82	.60	.19	.29

	3106001	3106002	3106201	3106202	3106300	3108301	3109100	5004001	5004402	5005101
	11	31	61	61	61	13	53	62	61	21
HAUPT- UND NEBENELEMENTE (GEW.-%)										
SIO2	68.56	76.55	71.20	72.15	70.03	59.45	70.83	61.00	72.76	45.59
AL2O3	14.69	12.36	14.38	13.49	15.55	19.69	12.88	15.09	12.50	19.35
FEO	3.17	.42	1.88	1.82	3.43	3.14	3.62	8.46	1.43	6.86
FE2O3	2.12	.28	.33	.32	.61	2.10	.64	1.49	.25	4.58
MGO	1.77	.35	.80	1.12	.47	1.84	4.16	3.72	.01	5.75
MNO	.07	.25	.07	.07	.02	.09	.17	.18	.11	.20
CAO	4.29	3.97	2.07	2.05	4.57	4.38	1.09	5.48	4.43	8.43
NA2O	2.09	4.68	3.18	2.87	2.67	1.48	1.93	.86	1.59	3.82
K2O	1.22	.62	3.67	3.62	1.48	5.14	1.99	.84	5.58	1.34
TIO2	.80	.04	.24	.24	.49	1.19	.79	1.40	.17	2.08
P2O5	.09	.04	.08	.09	.06	.49	.13	.20	.01	.45
GV	.64	.33	1.52	1.50	.31	.20	.93	0	.47	.78
SUMME	99.51	99.89	99.42	99.34	99.69	99.19	99.16	98.72	99.31	99.23
SPURENELEMENTE (PPM)										
V	139	11	46	46	84	118	134	470	15	353
CR	25	19	19	15	32	44	47	117	17	27
CO	35	6	12	17	18	6	18	164	5	72
NI	28	27	4	10	23	26	32	53	3	14
CU	65	17	10	6	19	35	20	31	10	24
ZN	104	85	75	56	118	111	142	97	60	96
GA	14	16	25	21	18	26	20	20	24	22
RB	42	18	95	91	87	72	59	12	170	34
SR	444	472	215	226	297	1293	266	243	130	595
Y	14	8	54	53	17	75	72	61	22	37
ZR	161	237	123	117	162	812	269	268	147	213
NB	8	1	6	5	9	25	8	15	11	17
BA	744	631	794	721	760	3082	658	1	571	117
PB	13	10	14	13	14	23	11	7	21	9
U2O3	1	1	1	1	1	1	1	1	6	1
CIPW-NORM (GEW.-%)										
Q	39.20	39.32	32.53	35.19	36.42	19.51	42.01	30.63	34.34	0
C	2.37	0	1.64	1.37	1.40	4.95	5.98	3.32	0	0
OR	7.29	3.67	22.14	21.85	8.80	30.65	11.95	5.02	33.32	8.02
AB	17.87	39.67	27.46	24.80	22.73	12.44	16.59	7.36	13.60	25.12
AN	20.91	10.91	9.95	9.79	22.41	18.59	4.63	26.16	10.60	32.12
PL	38.79	50.58	37.41	34.59	45.14	31.33	21.23	33.53	24.20	57.23
NE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4.14
AC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
WO1	0	2.25	0	0	0	0	0	0	2.30	3.04
EN1	0	.87	0	0	0	0	0	0	.03	1.98
FS1	0	1.41	0	0	0	0	0	0	2.57	.85
DI	0	4.53	0	0	0	0	0	0	4.90	5.87
WO	0	1.33	0	0	0	0	0	0	2.52	0
EN2	4.46	0	2.03	2.85	1.18	4.62	10.53	9.37	0	0
FS2	3.04	0	3.11	3.00	5.09	2.42	5.53	12.80	0	0
HY	7.50	0	5.14	5.85	6.27	7.05	16.06	22.17	0	0
FO1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8.78
FY1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4.14
OL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12.92
MT	3.11	.41	.49	.47	.89	3.07	.94	2.18	.37	6.73
HM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
IL	1.54	.08	.47	.47	.94	2.28	1.52	2.69	.33	4.00
RU	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AP	.22	.09	.19	.22	.14	1.17	.31	.48	.02	1.08

	5005102	5005302	5005303	5006701	5006702	5006901	5006902	5009402	5011601	5012200
	22	61	22	62	12	62	12	63	11	11
HAUPT- UND NEBENELEMENTE (GEW.-%)										
SIO2	55.13	70.15	50.50	45.34	71.60	44.94	73.84	69.71	67.60	70.56
AL2O3	18.80	14.39	18.50	20.12	12.94	20.14	12.60	10.95	15.90	14.71
FEO	4.23	2.67	5.63	10.45	2.27	10.45	.85	11.75	1.72	1.50
FE2O3	2.82	.47	3.76	1.84	.40	1.84	.15	2.07	1.15	1.00
MGO	3.55	.85	4.76	6.30	.01	6.34	.58	1.99	.42	.36
MNO	.11	.06	.08	.29	.09	.28	.07	.80	.10	.08
CAO	6.99	2.57	7.66	6.52	2.41	6.40	2.43	.50	2.25	1.68
NA2O	2.98	2.45	2.73	2.93	1.40	3.60	1.29	.01	3.03	2.76
K2O	1.78	4.20	2.42	1.09	6.84	1.09	7.64	.07	6.26	5.83
TIO2	1.38	.54	1.81	2.26	.36	2.28	.12	.10	.63	.54
P2O5	.55	.21	.65	.75	.10	.78	.06	.01	.12	.09
GV	1.14	.58	1.10	.75	.59	.64	.51	.41	.52	.47
SUMME	99.46	99.14	99.60	98.64	99.01	98.78	100.14	98.37	99.70	99.58
SPURENELEMENTE (PPM)										
V	273	43	352	73	37	69	9	601	44	42
CR	7	22	52	38	24	31	33	171	21	9
CO	41	3	62	6	7	8	3	362	5	5
NI	2	31	28	32	25	23	42	88	14	9
CU	20	20	33	23	18	20	24	233	16	14
ZN	110	173	103	150	118	128	71	169	101	129
GA	23	22	24	28	24	27	24	19	24	23
RB	68	123	65	209	230	179	203	24	125	112
SR	438	280	593	208	213	237	284	25	638	489
Y	44	15	48	46	28	36	26	195	72	69
ZR	165	187	225	556	307	652	163	1229	501	545
NB	13	11	18	23	22	23	15	25	15	13
BA	466	990	419	800	767	688	677	1	1583	859
PB	12	21	14	32	35	23	44	18	30	20
U2O3	1	1	1	1	1	1	1	2	3	1
CIPW-NORM (GEW.-%)										
Q	10.81	32.34	2.23	0	31.76	0	31.82	55.73	20.35	27.93
C	.59	1.67	0	4.14	0	3.32	0	10.10	.34	1.03
OR	10.68	25.16	14.50	6.56	41.03	6.54	45.28	.42	37.26	34.73
AB	25.61	21.02	23.42	25.24	12.02	30.94	10.95	.09	25.82	23.54
AN	31.57	11.54	31.51	27.94	3.96	27.07	6.04	2.44	10.45	7.81
PL	57.18	32.55	54.94	53.18	20.98	58.01	16.99	2.53	36.28	31.35
NE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
WO1	0	0	1.13	0	1.05	0	2.36	0	0	0
EN1	0	0	.76	0	.01	0	1.14	0	0	0
FS1	0	0	.29	0	1.19	0	1.18	0	0	0
DI	0	0	2.18	0	2.24	0	4.68	0	0	0
WO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
EN2	8.98	2.15	11.26	8.18	.02	.37	.31	5.02	1.05	.90
FS2	3.62	3.90	4.31	7.83	2.45	.35	.32	22.96	1.55	1.35
HY	12.60	6.05	15.58	16.01	2.47	.72	.63	27.97	2.60	2.25
FO1	0	0	0	5.46	0	10.98	0	0	0	0
FY1	0	0	0	5.76	0	11.45	0	0	0	0
OL	0	0	0	11.22	0	22.43	0	0	0	0
MT	4.15	.69	5.53	2.72	.59	2.71	.22	3.04	1.68	1.46
HM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
IL	2.66	1.04	3.49	4.37	.69	4.40	.23	.19	1.21	1.03
RU	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AP	1.32	.50	1.56	1.81	.24	1.88	.14	.02	.29	.21

	5012700	5013200	6002101	6002102	6053700	6053800	6053900
	61	61	11	33	61	61	33
HAUPT- UND NEBENELEMENTE (GEW.-%)							
SIO2	67.51	69.69	73.05	58.48	74.52	62.92	61.63
AL2O3	14.53	14.74	13.51	12.89	13.82	18.04	17.65
FEO	3.18	2.76	1.12	5.32	.66	3.42	3.17
FE2O3	.56	.49	.74	3.55	.12	.60	2.11
MGO	.61	.87	.02	4.66	.01	1.00	1.65
MNO	.11	.07	.06	.25	.05	.09	.24
CAO	4.94	1.80	1.42	5.95	1.38	2.57	3.09
NA2O	3.06	2.96	2.83	1.98	2.44	3.58	4.54
K2O	2.73	4.58	5.73	3.87	6.49	6.43	4.81
TIO2	.58	.45	.22	.88	.07	.75	.67
P2O5	.13	.01	.01	.63	.02	.30	.07
GV	.44	.81	.67	.87	.44	.45	.77
SUMME	98.38	99.23	99.38	99.33	100.02	100.15	99.95
SPURENELEMENTE (PPM)							
V	86	62	33	297	2	98	120
CR	13	45	1	124	6	26	26
CO	15	12	5	52	2	5	25
NI	1	38	15	55	37	4	10
CU	18	18	15	18	17	25	12
ZN	89	100	116	160	133	97	122
GA	22	24	25	23	24	27	25
RB	48	142	295	138	148	169	76
SR	373	229	114	392	90	500	244
Y	25	26	18	36	13	27	19
ZR	359	234	232	274	158	404	496
NB	8	11	19	22	3	27	19
BA	626	445	403	452	228	2654	281
PB	9	22	69	19	31	21	9
U2O3	1	3	11	4	1	3	1
CIPW-NORM (GEW.-%)							
Q	27.73	28.34	31.41	13.81	32.15	9.13	6.43
C	0	1.69	.10	0	.32	1.74	0
OR	16.45	27.48	34.28	23.16	38.49	38.07	28.47
AB	26.41	25.43	24.24	16.97	20.72	30.35	38.48
AN	18.20	9.00	7.07	15.04	6.74	10.81	13.60
PL	44.61	34.43	31.31	32.01	27.46	41.16	52.08
NE	0	0	0	0	0	0	0
AC	0	0	0	0	0	0	0
NS	0	0	0	0	0	0	0
WO1	2.47	0	0	4.46	0	0	.54
EN1	.63	0	0	2.73	0	0	.27
FS1	1.99	0	0	1.48	0	0	.26
DI	5.09	0	0	8.67	0	0	1.07
WO	0	0	0	0	0	0	0
EN2	.92	2.20	.05	9.03	.02	2.50	3.85
FS2	2.94	4.24	1.32	4.91	1.19	4.89	3.69
HY	3.86	6.44	1.37	13.94	1.21	7.39	7.54
FO1	0	0	0	0	0	0	0
FY1	0	0	0	0	0	0	0
OL	0	0	0	0	0	0	0
MT	.83	.72	1.09	5.21	.17	.87	3.06
HM	0	0	0	0	0	0	0
IL	1.12	.87	.42	1.69	.13	1.43	1.18
RU	0	0	0	0	0	0	0
AP	.31	.02	.02	1.51	.05	.71	.17

Kurzdaten

Name:	Heinrich Adolf Horn	
Geburtstag:	16. November 1952	
Geburtsort:	Peiting/Landkreis Weilheim-Schongau	
Eltern:	Heinrich Adolf Horn Helene Horn	
Schulen:	1958 - 1964	Grundschulen in Altenstadt und Schongau
	1964 - 1968	Realschule Schongau
	1968 - 1970	Chemieschule Dr. E. Elhardt in München
	Okt. 1970	Examen als Chemotechniker
	1973 - 1975	Münchenkolleg
Studium:	1975 - 1981	Studium der Geologie und Paläonthologie an der Ludwig Maximilian Universität München
	Jun. 1981	Diplomprüfung
	seit 1982	Promotionsstudium
Beruf:	1970 - 1972	Chemotechniker im Zentrallabor für Forschung und Entwicklung der Firma Siemens
	1984 - 1986	Wissenschaftlicher Mitarbeiter in einem Forschungsprojekt (DFG)
Heirat:	seit 1983 verheiratet mit Heloiza Marcia Fernandes Horn; geb. Fernandes da Cunha	
Kinder:	André Antonio Henrique	